



Anàlisi de prestacions en sensors de rang per a robòtica mòbil: Aplicació al mapeig de laberints.

Projecte Final de Carrera

AUTOR: Alex Baldomero Marín

DIRECTOR: Joan Oliver Malagelada

Enginyeria Tècnica de
Telecomunicacions esp. Sistemes
Electrònics

Bellaterra, 28 de juny de 2012

El sotasignat, Joan Oliver Malagelada
Professor de l'Escola d'Enginyeria de la UAB,

Certifica:

Que el treball a què correspon aquesta memòria ha estat realitza sota la seva direcció per
en Alex Baldomero Marín.

I per tal que consti firmat la present.

Signat:
Bellaterra, 28 de juny de 2012

ÍNDIX

1.	Introducció.....	6
1.1	Objectius	6
2.	Planificació i metodologia.....	8
2.1	Planificació	8
2.2	Eines empleades.....	8
2.2.1.	AVR Studio4	9
2.2.2.	WinAVR.....	9
2.2.3.	PonyProg	9
2.2.4.	Proteus ISIS 7	10
2.2.5.	AbsoluteTelnet	11
2.2.6.	Matlab.....	11
3.	Conceptes teòrics.....	12
3.1	Estudiar els components	12
3.2	Arquitectura de la placa base UABot.....	12
3.3	ATmega128	13
3.3.1.	Programació ATmega128.....	13
3.4	Bluetooth.....	13
3.5	Sensor Infraroig	14
3.6	Sonar	14
3.7	Convertidor analògic/digital	14
3.8	Servomotor.....	14
3.9	Motors DC amb L293D	15
3.10	Acceleròmetre	16
4.	Caracterització de components.....	17
4.1	Com s'ha caracteritzat.....	17
4.2	Sensor infraroig 1.....	17
4.3	Sensor infraroig 2.....	19
4.4	Sonar	21
4.5	Servomotor.....	23
4.6	Radar: Servomotor amb sensor infraroig.....	24
4.7	Radar: Servomotor amb sonar	27
4.8	Acceleròmetre	29
5.	Algorisme	33
5.1	Algorisme bàsic de mesures.....	33
5.2	Aplicació de l'algorisme en les mesures.....	34
6.	Navegació del robot autònom en un laberint.....	38
6.1	Elecció de components	38
6.2	Què fa el robot?.....	39
6.3	Com ho fa?.....	39
6.4	Resultats.....	41
7.	Conclusions	43
7.1	Millores en el projecte realitzat.....	44

Referencies	45
-------------------	----

ÍNDIX DE FIGURES

Figura 1. Planificació del projecte.....	8
Figura 2. Entorn gràfic AVR Studio4.....	9
Figura 3. Entorn gràfic PonyProg.....	10
Figura 4. Entorn gràfic Proteus ISIS 7	10
Figura 5. Entorn gràfic AbsoluteTelnet.....	11
Figura 6. Entorn gràfic Matlab	11
Figura 7. Placa PCB del robot	12
Figura 8. Posició del motor segons el pols	15
Figura 9. Connexionat [3].....	15
Figura 10. Funció segons les entrades [3]	15
Figura 11. Procediment a seguir	17
Figura 12. Sensor infraroig 1	18
Figura 13. Variació ADC amb la distància.....	18
Figura 14. N° de repeticions del valor ADC.....	19
Figura 15. Sensor infraroig 2.....	19
Figura 16. Variació ADC amb la distància.....	20
Figura 17. N° de repeticions del valor ADC segons el color.....	21
Figura 18. Sonar	21
Figura 19. Variació ADC amb la distància.....	22
Figura 20. N° de repeticions del valor ADC segons la distància.....	23
Figura 21. Servomotor.....	23
Figura 22. Estructura servomotor amb sensor infraroig	24
Figura 23. Construcció circumferència per fer mesures.....	25
Figura 24. Infraroig: Construcció gràfica dels valors ADC	26
Figura 25. Sonar: Construcció gràfica dels valors ADC	28
Figura 26. Acceleròmetre	29
Figura 27. N° de repeticions del valor ADC per cada eix	30
Figura 28. N° de repeticions del valor ADC per cada eix segons la inclinació.....	32
Figura 29. Valor ADC segons el pol magnètic.....	32
Figura 30. Model de gràfiques a seguir	33
Figura 31. Algorisme per realitzar les gràfiques	34
Figura 32. Formula per realitzar el gràfic A.....	34
Figura 33. Formula per realitzar el gràfic B	34
Figura 34. Gràfics de l'infraroig segons la distància.....	35
Figura 35. Gràfics del sonar segons la distància	37
Figura 36. Laberint	38
Figura 37. Resultat de fer el recorregut	39
Figura 38. Resultats obtinguts del robot.....	41

ÍNDIX DE TAULES

Taula 1. Distància i valor ADC	18
Taula 2. Valors ADC segons distància i color.....	20
Taula 3. Valors ADC segons distància.....	22
Taula 4. Valors ADC segons distància i angle	26
Taula 5. Valors ADC segons distància i angle	28
Taula 6. Valors ADC segons posició, eix i angle.....	30
Taula 7. Número segons les parets	40
Taula 8. Número segons la posició del robot	40

1. Introducció

La robòtica és la tecnologia que es dedica al disseny i construcció de robots. Els robots no són màquines construïdes amb components electrònics programables, que poden realitzar qualsevol cosa que es desitgi, sempre i quan es puguin programar. Els robots d'avui en dia ens faciliten molt la vida, realitzant tasques que els humans no farien amb tanta precisió i rapidesa. En el dia a dia tothom utilitza robots o microcontroladors però cap persona s'assabenta d'aquest fet, ajuden a realitzar les tasques més complexes convertint-les en rutina. Un exemple molt clar de l'ajut que fan els robots és en la construcció de cotxes, on els robots realitzen gairebé totes les tasques. La robòtica abasta diferents àrees, entre les que hi ha la robòtica autònoma (àrea de treball en aquest projecte). La robòtica autònoma, és aquella que desenvolupa robots que són capaços de desplaçar-se i actuar sense la intervenció humana [1].

Gràcies als sensors un robot pot guiar-se per qualsevol lloc sense xocar i desplaçar-se on vulgui. Per demostrar que el robot pot guiar-se, què millor manera de deixar-ho dintre d'un laberint i que ell sol sàpiga sortir. Per això l'aplicació final del robot serà aquesta de guiar-se per un laberint. Gràcies als sensors que incorpora el robot i la memòria que té, podrà escollir un camí i si aquest camí escollit no és el correcte, tornar enrere fins on havia escollit la direcció i agafar una altra branca. D'aquesta manera el robot navegarà pel laberint sense cap problema.

Per poder guiar-se un robot cal que tingui sensors, aquest li proporcionen les distàncies de les parets u objectes que te endavant, d'aquesta manera com coneix què té enfront ho pot esquivar.

Darrera d'aquest sensors hi ha un gran treball ja que cal fer: la caracterització de cadascun dels sensors. Així s'aconsegueix saber el valor aproximat que donarà el sensor en cada moment.

1.1 Objectius

Aquest projecte té dos objectius clars:

- Caracteritzar els sensors de rang.
- Comprovar el seu correcte funcionament a través de la navegació del robot en un laberint.

El primer punt correspon a caracteritzar el sensors de rang, aquest sensors de rang són el sensor infraroig i el sonar. Per caracteritzar els sensors es faran diferents proves per determinar quin és el comportament que té cadascun dels sensors i poder comparar aquest resultat amb el seu *Datasheet*. Segons el sensor té un rang de distancia o un altre, és a dir fins a on arriba a detectar un objecte el sensor, això influirà en les distàncies on és col·locarà el robot equipat amb el sensor. La prova consistirà en posar el robot en una

determinada distancia i agafar el valor que ens dona el convertidor analògic/digital, després de realitzar una mesura s'allunyarà el robot i així successivament.

També és caracteritzarà un acceleròmetre per poder determinar cap a on mira el robot. Un cop s'hagin caracteritzat tots els components, segons els resultats obtinguts, s'elegiran els components amb els que s'equiparà al robot.

Per determinar el correcte funcionament del robot i comprovar la correcta caracterització del robot, es farà una prova que consisteix en fer que el robot de manera autònoma recorri un laberint, trobant ell sol la sortida.

Per fer que el robot sigui autònom i sense fils, s'utilitzarà una comunicació amb l'ordinador via Bluetooth i l'alimentació del robot estarà generada per 4 piles de 1,5V connectades en paral·lel.

2. Planificació i metodologia

En aquest punt s'explicarà com és treballarà al llarg del projecte per arribar a complir els objectius desitjats i quines s'utilitzaran.

2.1 Planificació

La planificació del projecte està basada en un treball diari de 4h, de dilluns a divendres amb l'objectiu d'acabar a principis de juny. Des del primer dia de treball fins a principis de juny els dies de treball són 91.

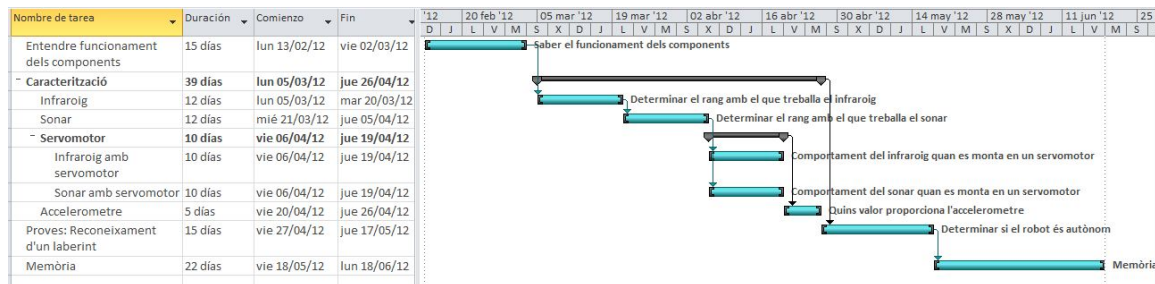


Figura 1. Planificació del projecte

En la Figura 1 s'observa la planificació del projecte realitzada amb el programa Office Project, les principals tasques són les següents:

- Entendre el funcionament dels components: En aquesta tasca s'estudia com funcionen tots els components amb els que es treballa. D'aquesta manera alhora de treballar serà més fàcil fer-los servir.
- Caracterització: Aquesta tasca serveix per saber com és comporten els components com l'infraroig, el sonar, el servomotor i l'acceleròmetre. Una vegada se sap com es comporten, es podrà determinar si són útils per a la prova final, ja que si no aporten res els components és descarten i no són utilitzats.
- Proves: Per tal de provar els components caracteritzats, es farà anar el robot per dintre d'un laberint i el robot tindrà que ser capaç de sortir ell tot sol.
- Memòria: S'escriurà una memòria on quedaran registrats tots els resultats obtinguts en el projecte.

2.2 Eines empleades

En aquest punt es donaran a conèixer els diferents programes utilitats per realitzar el projecte, obviant els programes tradicionals que s'utilitzen a diari com són el Windows i el Microsoft Office. S'exposaran las característiques més important i perquè s'utilitzà en aquest projecte.

2.2.1. AVR Studio4

L'AVR Studio4 és un entorn de desenvolupament orientat a la programació de microcontroladors de la família AVR. S'utilitzarà per fer els diferents programes requerits en el projecte.

Aquest programa ens permet programar el microcontrolador Atmega128 en C i en ensamblador. S'utilitzarà el llenguatge C per programar.

A més aquest programa té un potent depurador que ens permet anar simulant el programa i observar els diferents registres. D'aquesta manera es pot entendre millor el comportament del programa.

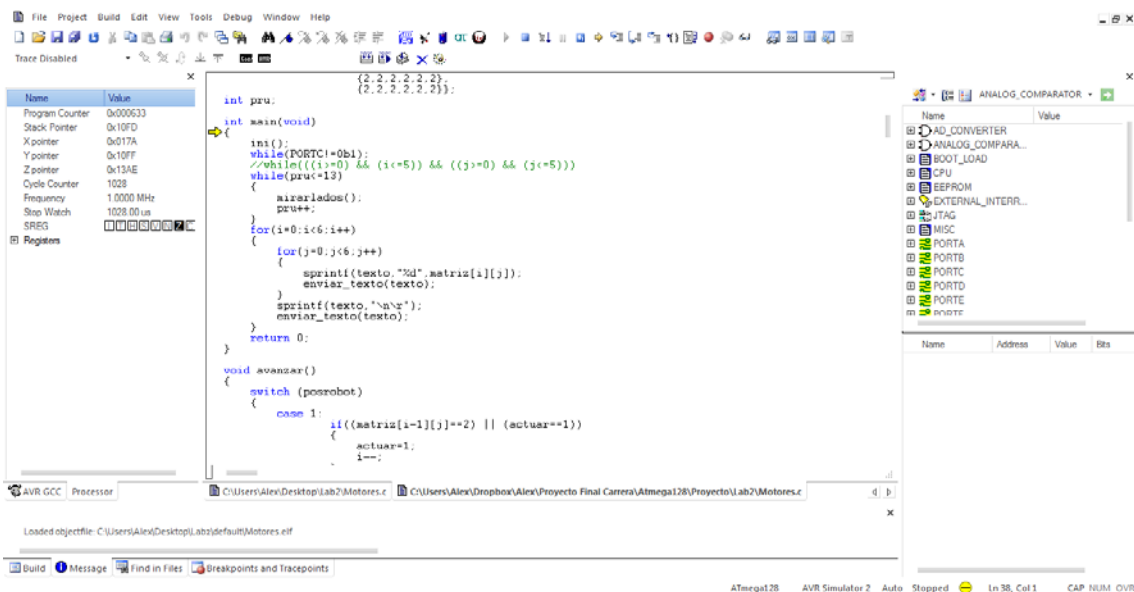


Figura 2. Entorn gràfic AVR Studio4

2.2.2. WinAVR

WinAVR és un conjunt d'eines per a completar l'experiència d'us de l'AVR Studio4. Inclou el compilador de GNU per C i C++ un depurador i un programador. Aquestes eines són essencials alhora de realitzar el projecte.

2.2.3. PonyProg

PonyProg és l'eina que serveix per programar el microcontrolador a partir d'un fitxer .hex, creat amb el AVR Studio4. Gràcies a aquesta aplicació, el programa que es realitzi es pot posar a prova en la realitat.

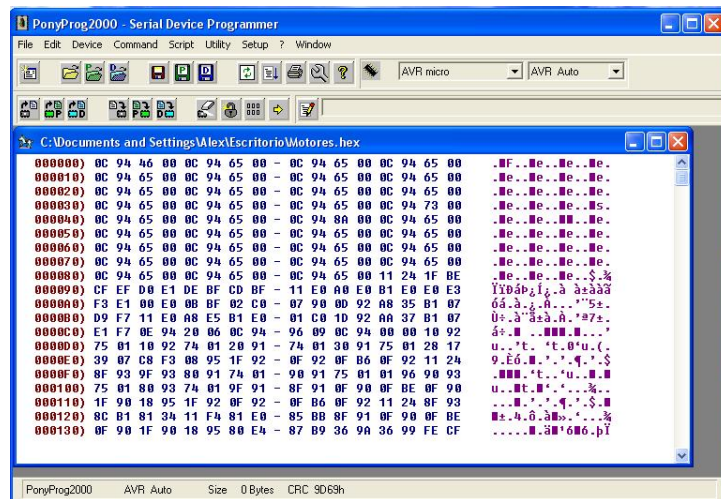


Figura 3. Entorn gràfic PonyProg

2.2.4. Proteus ISIS 7

El Proteus ISIS7 és un simulador amb el qual es pot simular el robot sencer, permet carregar el fitxer .hex i simular-lo gràcies a l'amplia llibreria que té el simulador. A partir d'aquest simulador es van fer proves abans de programar el microcontrolador ja que permet guanyar molt de temps. Quan es programa el microcontrolador triga al voltant de 2 minuts i amb el simulador no cal esperar aquest temps.

Com es pot apreciar en la Figura 4 el proteus també permet comprovar el senyal que te cada pin del microcontrolador gràcies a l'oscil·loscopi, aquesta eina és molt útil ja que en el projecte requereix senyals molt concrets per fer anar els diferents motors. Una altra característica molt interessant que incorpora el Proteus és que permet la comunicació del microcontrolador simulat amb un terminal simulat, això ajuda molt perquè en la realitat s'utilitzarà un terminal per comunicar-se amb el robot.

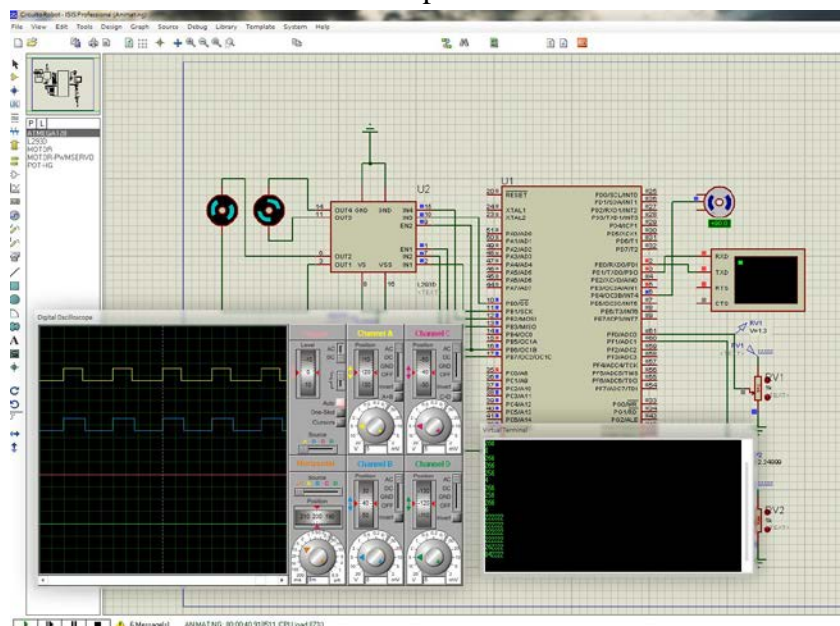


Figura 4. Entorn gràfic Proteus ISIS 7

2.2.5. AbsoluteTelnet

El programa AbsoluteTelnet serveix per realitzar la comunicació Bluetooth, s'utilitza aquest programa ja que permet accedir a tota la informació que ens proporciona el Bluetooth, tota l'estona.

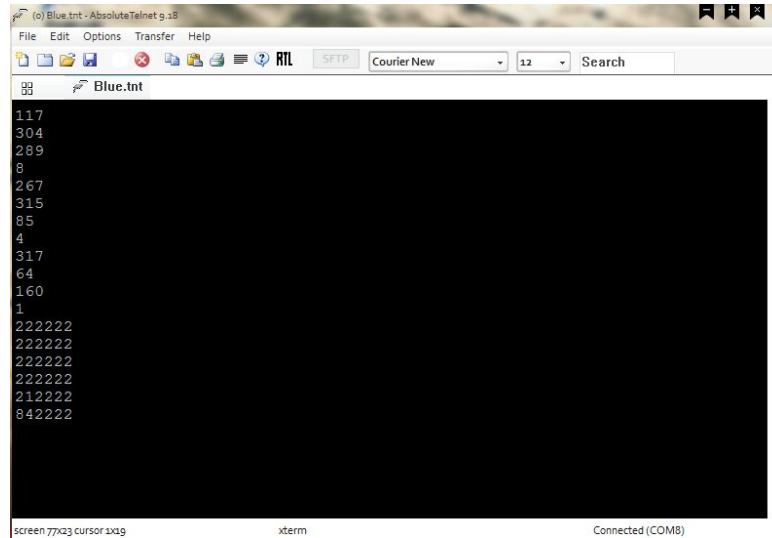


Figura 5. Entorn gràfic AbsoluteTelnet

2.2.6. Matlab

El Matlab és un programa que permet realitzar càlculs molt complexos, es poden realitzar tot tipus de gràfics i fer-ne gràfics propis com els de la Figura 24 i Figura 25, gràcies aquesta eina també es pot programar i crear rutines, el Matlab també serveix per poder llegir i escriure arxius .txt. També ha servit per poder mapejar de manera gràfica el laberint

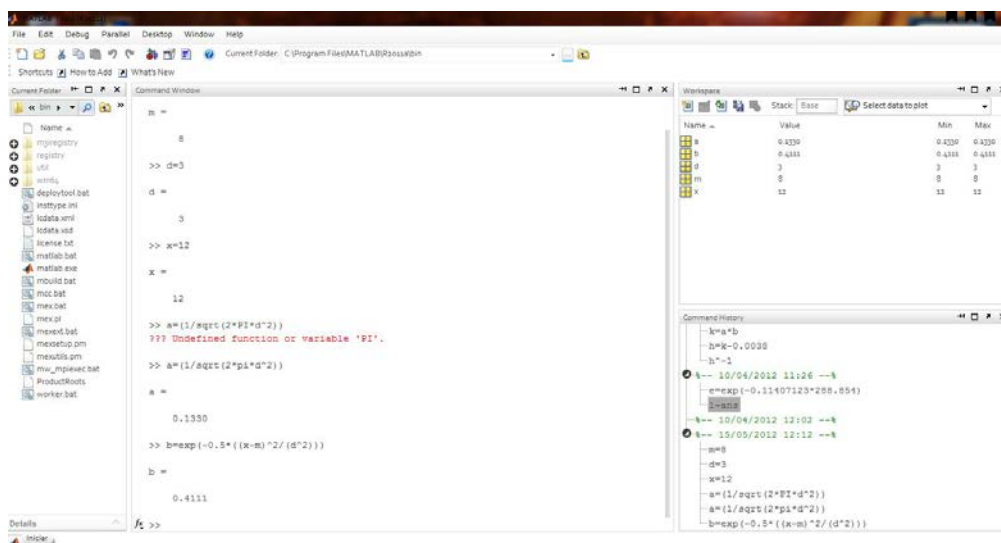


Figura 6. Entorn gràfic Matlab

3. Conceptes teòrics

En aquest punt es presentaran els diferents components que es caracteritzen i el robot que s'empra en l'aplicació final. Entre els components amb els que es treballa hi ha: placa base UABot, ATmega 128, Bluetooth, sensor infraroig, sonar, convertidor analògic/digital, servomotor, motors DC amb L293D i acceleròmetre.

3.1 Estudiar els components

Per a començar a entendre el funcionament del microcontrolador i familiaritzar-me amb el l'AVR Studio, primer es va utilitzar l'Atmega8 amb un placa de prototipatge. D'aquesta manera es va començar a realitzar les proves. El primer que es va fer, és comprendre el funcionament del servomotor i del sonar, un cop s'entén el funcionament d'aquest components i es controlà l'AVR Studio4, es comença ha entendre el funcionament del MAX232, que serveix per poder comunicar al microcontrolador, a traves de RS232, amb un ordinador.

Un cop familiaritzat amb tot, comença l'hora de provar amb el robot, aquí ja estan tots els components integrats excepte el servomotor, el sensor infraroig i el sonar. El primer era poder fer que el robot és mogué cap endavant i enrere. La comunicació va canviar, d'utilitzar el cable sèrie es va passar al Bluetooth, la diferència alhora de programar és molt petita només cal ajustar la velocitat i els bits de paritat així com la seguretat.

3.2 Arquitectura de la placa base UABot

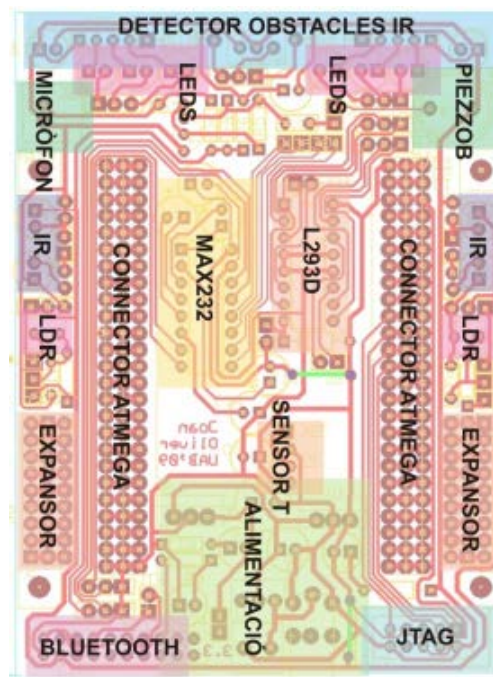


Figura 7. Placa PCB del robot

La placa PCB utilitzada és la del robot Uabot [2], aquesta placa és alimentada amb quatre piles de 1,5V cadascuna, estan connectades en paral·lel. Molts dels components que té la placa no s'utilitzen. El MAX232 s'utilitza per poder fer la connexió de l'ATmega128 amb el Bluetooth, el L293D serveix per fer funcionar els quatre motors DC alhora, aquest motors controlen la velocitat i la direcció que porta el robot. El processador ATmega 128 és posat a sobre del MAX232 i del L293D, es connecta en els connectors ATmega, els expanders s'utilitzen per fer connexions apart que siguin requerides. El JTAG, els detectors d'obstacles, els LDR i el sensor T no s'utilitzaran.

3.3 ATmega128

El microcontrolador que s'utilitza en el treball és l'ATmega128, és un microcontrolador de la casa Atmel. S'ha escollit aquest microcontrolador perquè és de 8bits i treballa a 16MHz al qual ajudarà a realitzar molts processos en temps real, a més disposa de 4 timers. Permetran generar senyals de diferent freqüència i aquests es generaran amb els timers.

També disposa de 4 convertidors analògic/digitals els quals és faran servir per passar el voltatge de la sortida de diferents components a un valor digital. Per últim també cal destacar que disposa de dos PINS de transmissió de dades, un receptor i un emissor.

3.3.1. Programació ATmega128

Per programar l'ATmega128 s'utilitzarà el programa AVR Studio 4. Per programar el microcontrolador es pot fer amb C o les seves variants i amb codi ensamblador, per realitzar el treball es decideix utilitzar el llenguatge C, ja que aquest proporciona una més àmplia llibreria d'instruccions al que facilita molt les tasques a realitzar.

Amb el *Datasheet*: <http://www.atmel.com/Images/doc2467.pdf> de l'ATmega128 es mirarà quins són els registres que serveixen per a cada cosa, és a dir quin registre s'ha d'activar per utilitzar un timer, l'ADC (Analog to Digital Converter), etc. Amb el *Datasheet*, la programació en C i l'AVR Studio s'aconsegueix fer tot el que volem amb el robot. En els següents punts, apart d'explicar el funcionament dels components, també s'explicarà quin registre de l'ATmega128 s'utilitza per fer funcionar cada component.

3.4 Bluetooth

El Bluetooth és una tecnologia que permet la comunicació sense fils entre dos dispositius per tal de poder-se enviar dades.

Per poder comunicar-se el Bluetooth connectat amb el ATmega128, a l'ordinador s'ha d'establir unes característiques de comunicació com la velocitat de transmissió(bits/s),

el bits de dades i la paritat . S'han de configurar aquest paràmetres iguals per a l'ATmega128 i l'ordinador.

Per configurar l'ATmega128 és fan servir els registres següents: UDR, UCSRA, UCSRB, UCSRC i el UBRR.

3.5 Sensor Infraroig

El sensor infraroig funciona enviant un raig infraroig i aquest rebota contra l'objecte de davant. Calculant el temps de vol, o temps que triga, el dispositiu reconeix un voltatge o un altre. Per poder saber aquest voltatge i així determinar la distància entre l'infraroig i l'objecte detectat, s'utilitza el convertidor analògic/digital que més endavant s'explicarà.

3.6 Sonar

El sonar funciona d'una manera molt similar al sensor infraroig, però en lloc d'utilitzar un raig infraroig utilitza el so, emet un so amb una determinada freqüència i aquest rebota contra un objecte, la durada entre l'emissió i la recepció farà que a la sortida hi hagi un voltatge o un altre.

3.7 Convertidor analògic/digital

L'ATmega128 està equipat amb quatre convertidors analògic/digital. El convertidor analògic/digital el que fa és passar un valor analògic com és el voltatge a digital, és a dir en bits. Per configurar els convertidor analògic/digital de l'ATmega128 s'utilitzen els registres següents: ADMUX, ADCSRA i ADC.

3.8 Servomotor

Els servomotors són motors que funcionen per amplada del pols. Segons l'amplada el servomotor es situa en una posició determinada. Per controlar el pols del servomotor es fa servir el mode PWM.

El servomotor es troba a 90° quan li posem un senyal d'entrada de 1,5ms a 1 i 18,5ms a 0, a 0° els pols és de 1ms a 1 i 19ms a 0 i a 180° els pols va de 2ms a 1 i 18ms a 0.

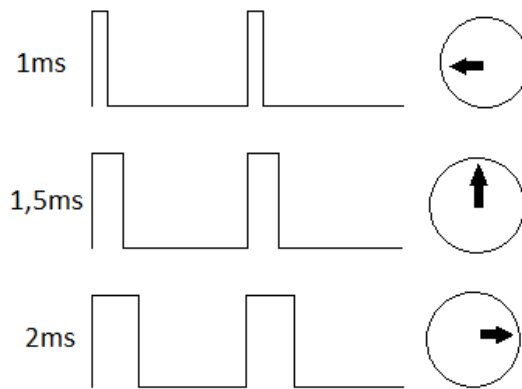


Figura 8. Posició del motor segons el pols

Per controlar aquest senyal és fan servir els timers ja que són molt precisos i generen de manera molt fàcil els senyals requerits.

3.9 Motors DC amb L293D

Per controlar la velocitat dels motors i el sentit de gir s'utilitzarà el L293D juntament amb motors DC que aquest un cop activats van girant segons com estiguin programats.

El L293D fa que per controlar els motos es requereixi 3 PINS, un per l'*enable*, el motor només funcionarà si aquest està activat i els dos altres serveixen per controlar el sentit de gir i si aquest dos PINS tenen el mateix valor el motor s'aturarà.

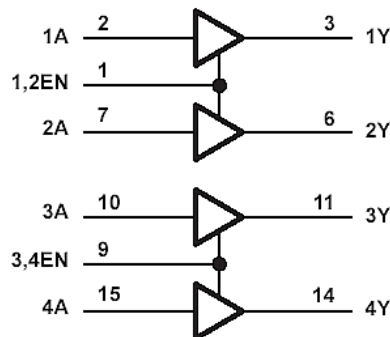


Figura 9. Connexionat [3]

EN	1A	2A	FUNCIÓN
H	L	H	Giro a la derecha
H	H	L	Giro a la izquierda
H	L	L	Detención rápida
H	H	H	Detención rápida
L	X	X	Detención rápida

L = bajo, H = alto, X = no afecta

Figura 10. Funció segons les entrades [3]

Amb l'ajut de les Figures 9 i 10 es pot entendre millor el comportament dels motors connectats al L293D.

3.10 *Acceleròmetre*

L'acceleròmetre és un dispositiu electrònic que permet detectar les acceleracions o les inclinacions que té un dispositiu. Segons el que detecti, si inclinacions o acceleracions serà un tipus d'acceleròmetre o un altre. Aquest dispositiu és diferent dels demès, no funciona a 5V sinó de 2.6V fins als 3.6V, per activar-lo cal aplicar tensió en el PIN *Sleep* i segons l'acceleració que rebi un eix, la sortida d'un dels tres eixos variarà. Els eixos on és pot detectar acceleració són els X, Y i Z.

Per saber quin és el voltatge utilitzarà el mateix sistema empleat amb el sensor infraroig i el sonar, és a dir s'utilitzarà el convertidor analògic/digital.

4. Caracterització de components

En aquest punt es realitzarà la caracterització dels diferents components amb els que es treballarà al llarg del projecte. Per conèixer el comportament primer es mira el full d'especificacions de cada component, per saber com s'ha d'utilitzar, perquè el component ens proporcioni la informació desitjada. Després es realitzen diferents proves per assegurar que els valors són correctes i que el component és fiable, sempre que els valors siguin semblants.

4.1 Com s'ha caracteritzat

Un cop s'entén el funcionament de tots els components, es comença amb la caracterització. Quan s'enviava a programar el microcontrolador ATmega128, trigava molt i es perdia molt de temps, envoltant de dos minuts per cada vegada que es programava. Es va decidir utilitzar un simulador, ja que d'aquesta manera s'evitava tenir que programar el microcontrolador tota l'estona, i amb simulador es podia veure els canvis que feien en el codi ràpidament. Un cop es veia que funcionava el programa que s'havia realitzat, es programava el microcontrolador per veure si en la realitat tenia el mateix comportament. Una vegada el codi funcionava perfectament, comença l'hora de prendre mesures.



Figura 11. Procediment a seguir

Per fer les mesures, primer es va fer tot automatitzat, el robot agafava les mesures, es movia 10 centímetres cap enrere i tornava agafar mesures, així successivament. Però va sorgir un problema, conforme s'anava gastant les piles el robot no recorria 10 centímetres, sinó que recorria 9 centímetres o menys. Per aquest motiu, es va optar per posar el robot cada cop en el lloc correcte i fer les mesures, d'aquesta manera no hi haurien mesures errònies.

Les mesures s'envien a través de Bluetooth a l'ordinador, i és treballen amb Matlab. Després de treballar aquestes mesures amb el Microsoft Excel, es realitzen les gràfiques pertinents.

4.2 Sensor infraroig 1

El sensor infraroig utilitzat és el Sharp GP2D120, per obtenir més informació es pot accedir al seu Datasheet: http://www.sharpsma.com/webfm_send/1205.



Figura 12. Sensor infraroig 1

El seu rang de funcionament va dels 5 centímetres fins als 30 centímetres. Per caracteritzar aquest component s'ha realitzat un programa amb C, on el robot es mou 5 centímetres, s'atura i s'agafen 500 mostres per a cada distància. Aquest procés es repeteix dos cops per aconseguir 1000 mesures.

En la Taula 1, es pot apreciar les diferents distàncies on s'ha col·locat el robot, una mitja del valor ADC a partir de les 1000 mostres i també es veu una tercera columna amb 3σ (desviació estàndard), per tal d'aconseguir un rang de dispersió del 99,73%.

Distància (cm)	Mitja	3σ
5	516.1	40.9
10	288.8	26.2
15	200.9	23.0
20	154.3	22.2
25	128.2	21.2
30	113.5	21.6

Taula 1. Distància i valor ADC

En la Figura 13, s'observa com varia el valor ADC amb la distància, i es veu que realitza una exponencial.

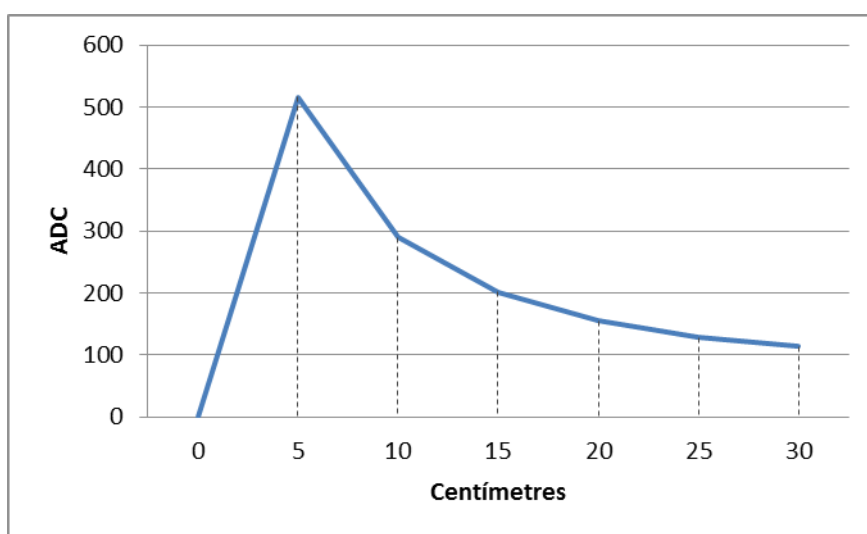


Figura 13. Variació ADC amb la distància

La Figura 14, ens diu el rang en el que es mou el valor ADC per a cada distància. Com es pot apreciar, al tenir una escala exponencial com s'ha vist en l'anterior gràfic, les primers distàncies tenen un rang de variació més gran que les mesures de les distàncies més llunyanes.

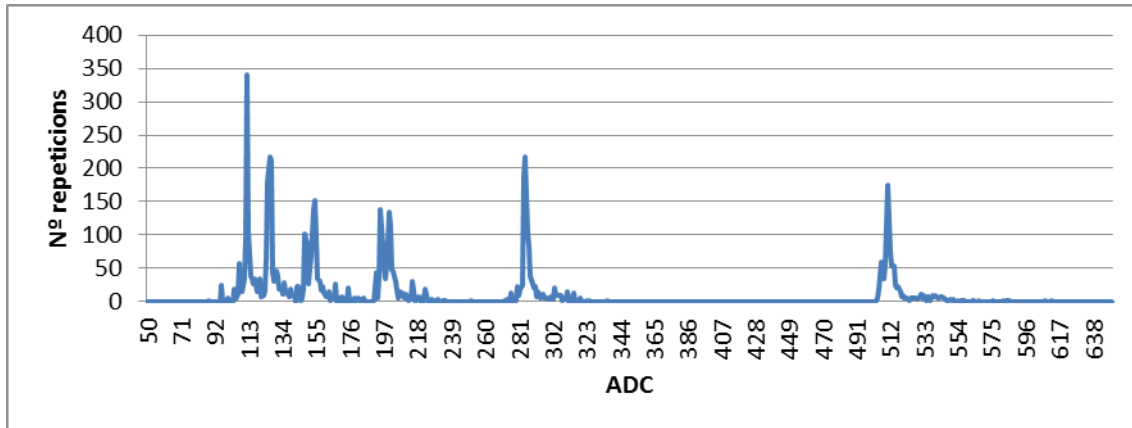


Figura 14. N° de repeticions del valor ADC

Com s'ha vist el sensor infraroig, té molt bones prestacions, i les seves especificacions teòriques no varien respecte les reals. Però amb aquest sensor infraroig no s'aconsegueix tenir el rang desitjat, ja que només va de 5 centímetres a 30 centímetres, per aquest motiu, s'utilitzarà un altre infraroig amb més rang.

4.3 Sensor infraroig 2

El sensor infraroig utilitzat és el Sharp GP2Y0A21YK, per obtenir més informació es pot accedir al seu *Datasheet*: <http://www.sharpsma.com/download/GP2Y0A21YK-DATA-SHEETPDF>.

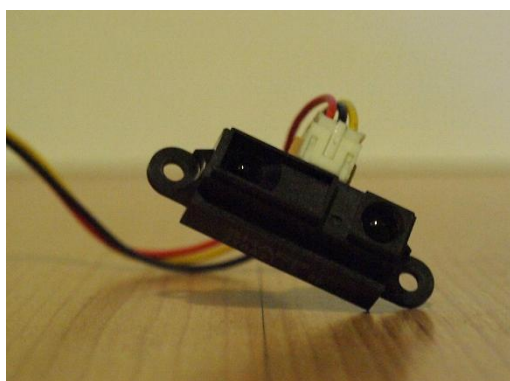


Figura 15. Sensor infraroig 2

Aquest sensor infraroig, es molt semblant al que hem comentat anteriorment, ja que es de la mateixa marca i d'igual funcionament, però amb la diferència que aquest té un diferent rang, ja que aquest funciona de 10 centímetres fins a 80 centímetres. S'han fet les mateixes proves que amb l'anterior, però diferenciant el color de l'objecte amb el

que rebotarà el raig infraroig, d'aquesta manera es podrà obtenir encara més informació del funcionament del sensor infraroig. Per fer aquestes mesures el robot ja no serà autònom, és a dir, que es col·loca a la posició correcta manualment, es realitza d'aquesta manera ja que a mesura que es va gastant les piles la velocitat del robot disminueix, això provoca que quan es realitzi una segona mesura, no es tingui la mateixa precisió, com quan es col·loca manualment.

Distància (cm)	Blanc		Negre		Verd	
	Mitja	3σ	Mitja	3σ	Mitja	3σ
10	506.7	11.1	498.4	9.3	504.0	15.2
20	275.9	11.6	275.1	10.8	279.0	11.0
30	196.6	12.6	193.1	16.7	196.6	12.7
40	154.8	13.0	151.2	17.1	155.4	14.5
50	128.5	14.3	126.0	13.8	128.7	14.1
60	112.6	17.5	108.9	15.7	112.0	15.7
70	100.6	17.7	95.2	15.3	100.7	17.2
80	92.3	19.2	84.2	14.1	91.3	15.0

Taula 2. Valors ADC segons distància i color

Per omplir la Taula 2, s'ha utilitzat el mateix sistema anomenat anteriorment en el sensor infraroig 1. L'única diferència és que s'ha anat provant diferents colors, aquests colors són: blanc, negre i verd. S'han utilitzat aquest tres, ja que amb el blanc i negre obtenim l'oposició i el color verd podríem dir que és neutre.

En la Figura 16, és mostra el valor ADC per a cada 10 centímetres, s'observa que la diferència per colors és gairebé nul·la, per tant s'obviarà els colors a l'hora de detectar objectes, ja que no és important la detecció dels colors.

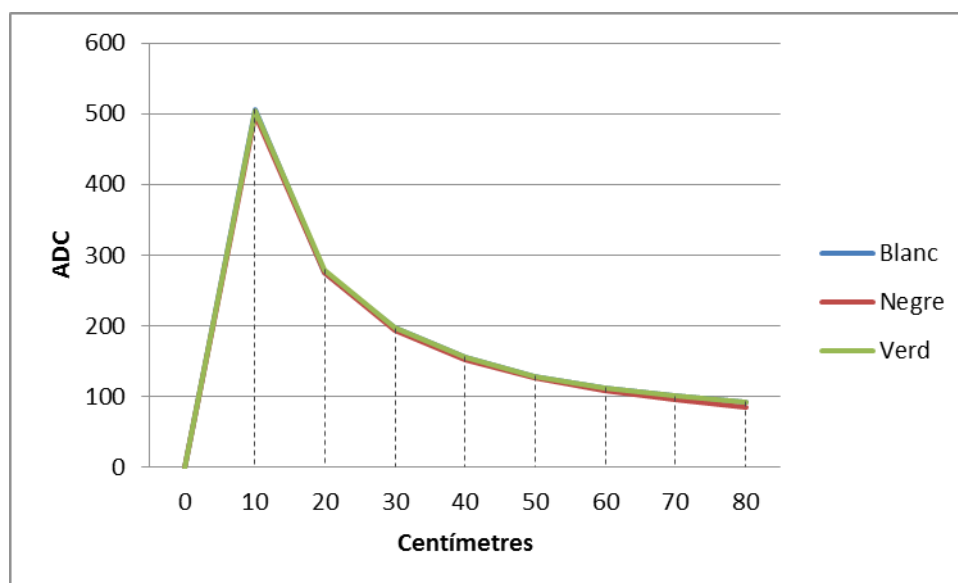


Figura 16. Variació ADC amb la distància

La Figura 17, mostra el rang ADC en el que treballa cada distància, al ser una exponencial el valor ADC, la distància comporta que té més rang de variació quan més a prop s'està. Es veu que en les primeres distàncies, com són la de 10 centímetres i la de 20 centímetres es pot apreciar una mica la diferència de colors, però a mesura que ens allunyem, la diferencia entre els diferents colors és inexistent.

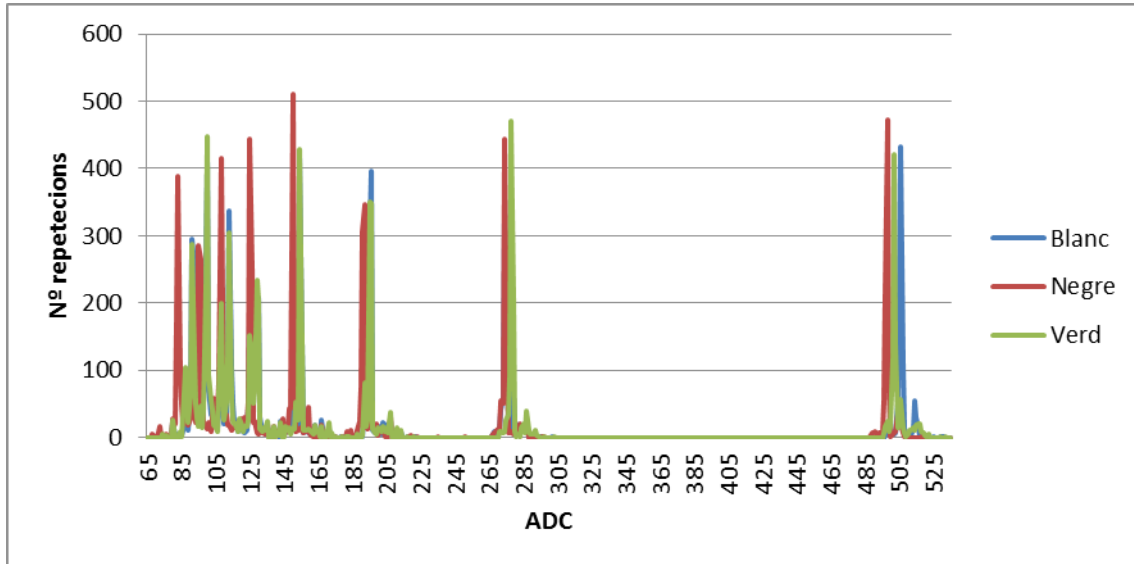


Figura 17. N° de repeticions del valor ADC segons el color

4.4 Sonar

El Sonar utilitzat és el MaxSonar-EZ1 , per obtenir més informació es pot accedir al seu Datasheet: http://www.maxbotix.com/documents/MB1010_Datasheet.pdf.



Figura 18. Sonar

Per caracteritzar aquest component, s'han realitzat les mateixes proves que amb els dos sensors infraroigs, però aquest té un rang diferent, va des dels 10 centímetres fins als

600 centímetres, amb aquest només s'ha treballat amb 500 mesures, ja que els sonars amb els que disposava, no estaven en bones condicions, i als valors variaven una mica. A més a més, no s'ha pogut fer servir tot el rang del que disposa el sonar, ja que a partir del 140 centímetres, el sonar començava a fallar. Totes les mesures s'han realitzat fins a 140 centímetres per aquest motiu.

Distància (cm)	Mitja	3σ
10	13.53	5.3
20	15.5	5.97
30	21.2	5.2
40	29.3	6.0
50	37.3	5.0
60	45.5	5.7
70	52.2	6.1
80	59.7	5.9
90	67.8	5.5
100	75.7	9.9
110	83.9	5.6
120	90.1	5.3
130	98.3	5.9
140	105.7	13.0

Taula 3. Valors ADC segons distància

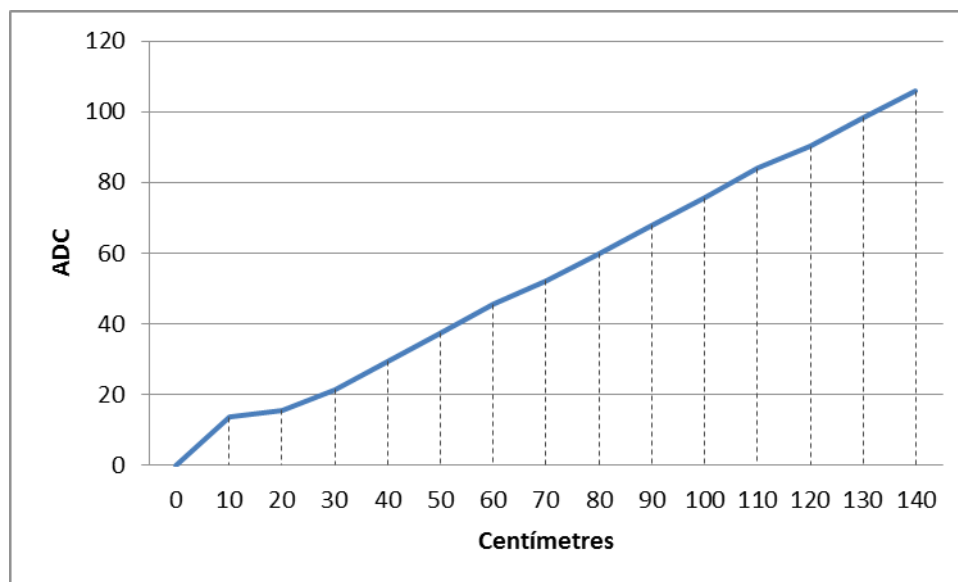


Figura 19. Variació ADC amb la distància

Com es mostra en la Taula 3, i la Figura 19, el sonar va augmentant el seu voltatge de manera lineal, al augmentar la distància. De manera molt diferent a com ho fa el sensor infraroig, que disminueix de manera exponencial.

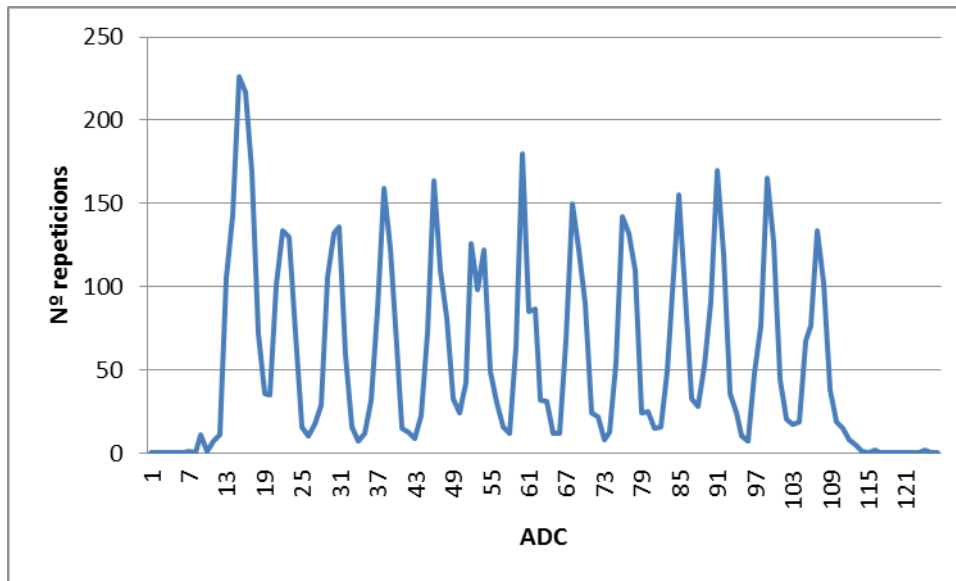


Figura 20. N° de repeticions del valor ADC segons la distància

En la Figura 20, com el voltatge s'incrementa de forma lineal, s'observà que la distància entre dos distàncies sempre és la mateixa o similar, i el rang ADC de cada distància és bastant reduït, això vol dir, que el sonar és molt precís. Com ja s'ha comentat anteriorment, té l'inconvenient que a vegades no funciona correctament o només arriba fins als 140 centímetres de distància. Un sonar amb millors condicions que els utilitzats, és millor opció que el sensor infraroig. Es realitzarà una prova del sonar, amb un servomotor per determinar la seva utilització en l'aplicació final del robot.

4.5 Servomotor

El Servomotor utilitzat és el Sanwa 1301.



Figura 21. Servomotor

El servomotor està preparat perquè giri 180°, el pols de pujada va de un mil·lisegon a 0° a dos mil·lisegons a 180°, però al muntar el servomotor vam trobar que no estava ben calibrat, per aquesta raó, s'ha caracteritzat el servomotor.

Amb el pols d'un mil·lisegon a dos mil·lisegons només es movia uns 60°, anant provant diferents valors d'amplitud a 1, és a dir, utilitzant el mètode d'assaig i error, s'arriba a trobar el valor específic que col·loca el servomotor a 0°, aquest valor es de 0,676 mil·lisegons i l'amplitud que fa 180°, és de 2,236 mil·lisegons. Jugant amb aquest amplitud de banda es pot aconseguir qualsevol angle que vagi de 0° a 180°.

Per poder fer 10 moviments de posició del servomotor dintre dels 180°, es fa que cada posició augmenti 18°, això correspon a 0,156 mil·lisegons. Gràcies al servomotor, es poden realitzar diferents mesures amb el sensor infraroig i el sonar.

4.6 Radar: Servomotor amb sensor infraroig

Per fer aquesta caracterització, apart d'utilitzar el servomotor i l'infraroig esmentat anteriorment, es construeix una base per tal de poder posar el servomotor fen 90° amb l'ATmega128. Es col·loca el sensor infraroig a sobre del servomotor perquè aquest vagi posicionant-se en tots els angles.

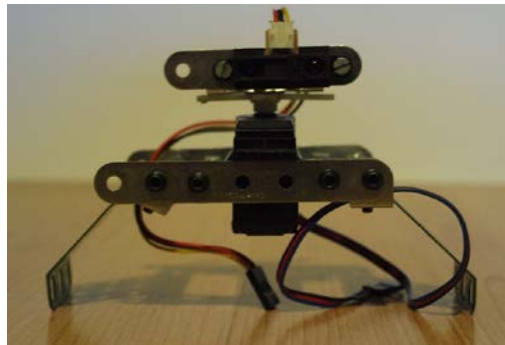


Figura 22. Estructura servomotor amb sensor infraroig

Per tal de cobrir els 180° davant del robot, es col·loca un servomotor on s'enganxa el sensor infraroig, d'aquesta manera, el sensor infraroig donarà les dades de la distància a un objecte segons l'angle a on miri.

Per realitzar aquesta caracterització, es decideix que es faci 10 mesures pels 180°, i en cada aturada del servomotor, el sensor dona el valor ADC. Es programa per que doni 500 mostres, aquesta prova és realitzarà dos cops.

Per fer que el robot es trobi en tots el seus angles a la mateixa distància, es construirà una circumferència al seu voltant, d'aquesta manera, s'aconsegueix que el valor ADC sigui semblant en totes les mesures.

En la Figura 23, es pot observar la construcció realitzada per fer les mesures.



Figura 23. Construcció circumferència per fer mesures

S'ha utilitzat el segon sensor infraroig, és a dir, el que té un rang de 10 centímetres a 80 centímetres, així es pot aconseguir obtenir més mesures. En la Taula 4, es pot apreciar que més o menys per cada distància (D) en tots els angles hi ha un valor semblant de mitja (M), i la dispersió és més gran quan més a prop s'està de l'objecte.

S'aprecia en la Figura 24 la distància en centímetres i al valor ADC que correspon a cada distància. La X, marca la mitja de les 1000 mesures per cada posició, i el radi de la circumferència, és 3σ per tenir un grau de dispersió del 99,73%. Amb aquesta informació es veu, que quan el sensor està més a prop de l'objecte, es més fàcil dir a quina distància es troba amb més exactitud, però quan comença a allunyar-se el robot de l'objecte, es veu que comença a ser molt més difícil, i a vegades, no es pot dir amb molta precisió quina és la distància a l'objecte. Es pot dir que el sensor infraroig és molt bona opció per col·locar a sobre del robot amb el servomotor.

D	0		18		36		54		72		90		108		126		144		162		180	
	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ	M	3 σ
10	550,3	21,4	575,1	22,5	606,8	21,3	589,7	22,5	584,4	22,2	604,3	24,8	612,0	28,6	625,8	26,8	599,6	23,9	596,1	24,1	612,7	28,8
20	310,0	16,3	292,5	13,9	283,4	16,0	289	16,9	305,4	15,2	314,1	16,5	310,5	16,9	314,9	18,6	313,0	20,7	308,8	21,1	308,0	22,4
30	222,3	16,0	201,2	14,2	213,6	14,3	222,3	13,5	218,3	14,3	205,4	16,0	210,1	16,3	214,1	16,8	219,0	17,7	219,7	18,9	228,4	18,7
40	174,8	13,9	166,1	15,3	170,0	12,11	165,7	12,9	157,2	16,1	171,5	16,1	170,9	16,8	166,3	18,2	170,8	20,6	171,3	16,5	166,8	20,0
50	141,0	14,0	136,1	15,3	148,6	13,3	131,3	12,2	144,1	13,2	140,0	13,6	140,1	14,1	140,6	21,5	136,5	17,7	149,5	16,0	129,5	17,7
60	122,12	13,8	121,4	13,6	126,5	18,5	121,3	12,9	125,6	13,5	120,6	14,4	117,6	14,9	122,3	16,5	119,1	18,6	118,4	14,0	124,1	17,9
70	102,7	16,0	113,0	16,2	101,8	12,6	108,1	14,3	106,5	17,5	102,2	12,5	111,7	14,4	102,3	17,0	116,5	17,5	101,1	21,1	112,5	18,9
80	106,4	12,2	101,2	12,6	95,9	14,3	96,7	13,2	91,4	13,4	87,3	13,0	97,0	14,7	93,3	18,2	95,3	15,1	93,9	16,8	94,1	16,8

Taula 4. Valors ADC segons distància i angle

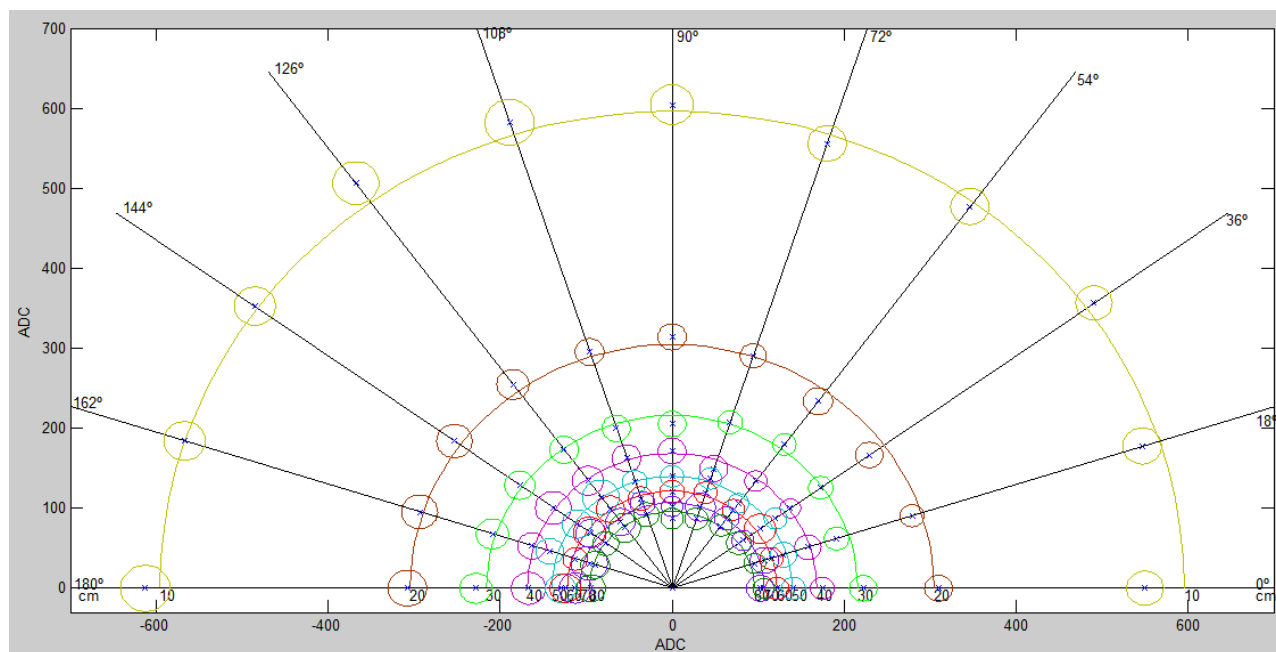


Figura 24. Infraroig: Construcció gràfica dels valors ADC

4.7 Radar: Servomotor amb sonar

Per fer la caracterització conjunta d'aquest dos elements, és realitzarà de la mateixa manera, i amb el mateix programa utilitzat amb el sensor infraroig, l'única diferència és que en la base es col·loca un sonar.

A diferència de l'altre prova realitzada amb el sensor l'infraroig, en la Taula 5, s'ha utilitzat només una desviació estàndard que té una dispersió del 68,26%, ja que si s'utilitza 3σ , queden unes gràfiques on no es pot apreciar res. Per això s'ha optat per agafar només σ , ja que el sonar no funciona correctament.

En la Figura 25, s'observa la mitja circumferència que marca la distància en centímetres i que la circumferència de 25 centímetres és més petita que la de 15 centímetres, degut a un mal funcionament del sonar. També podem veure com molts valors es troben molt lluny de la seva distància. El sonar no ens serveix per detectar distàncies superior als 50 centímetres, ja que, es fa impossible saber on es troba l'objecte.

Per tant, com podem veure el sonar no s'utilitzarà en el robot, ja que com hem dit anteriorment, no funciona gaire bé, i si passem dels 50 centímetres, no és sabrà on es troba l'objecte, a més a més el seu rendiment varia molt.

D	0		18		36		54		72		90		108		126		144		162		180	
	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ	M	σ
15	12.8	1.4	12.7	1.3	12.7	1.1	30.8	2.1	58.0	34.0	34.4	6.7	12.8	1.4	12.8	1.9	12.7	1.2	33.9	7.2	12.7	1.4
25	16.7	1.3	16.7	1.3	18.8	1.4	16.8	1.2	33.1	7.3	16.8	1.4	17.4	1.5	18.9	1.3	18.8	1.4	33.2	4.8	16.7	1.4
35	22.8	1.4	24.7	1.4	24.5	1.7	24.5	1.4	26.6	1.9	25.3	1.9	24.5	1.8	24.5	1.7	24.6	1.6	24.5	1.6	22.6	1.8
50	34.1	3.2	33.6	4.0	33.8	3.6	35.4	4.5	35.4	4.5	35.4	4.3	36.3	5.1	35.1	4.7	35.6	4.1	35.1	4.7	31.3	7.7
70	46.7	9.4	47.1	9.0	47.1	9.1	46.8	9.3	47.0	9.6	48.8	9.7	47.4	9.6	47.2	8.7	47.1	8.8	47.9	8.3	43.5	13.7
90	61.7	12.9	59.4	14.7	60.0	15.4	60.4	15.5	59.6	16.7	60.2	15.1	59.6	15.7	60.1	15.1	59.2	16.2	60.3	15.1	55.8	20.6
115	77.1	20.7	74.3	22.7	72.6	23.8	74.5	22.2	74.5	21.9	78.5	21.2	77.3	22.0	74.3	23.3	75.5	21.2	60.5	28.7	64.5	27.7
140	78.1	33.3	80.0	31.3	80.6	31.5	81.6	32.7	80.2	33.3	81.9	31.5	78.1	33.9	78.5	33.2	73.8	35.9	78.8	33.7	61.2	35.0

Taula 5. Valors ADC segons distància i angle

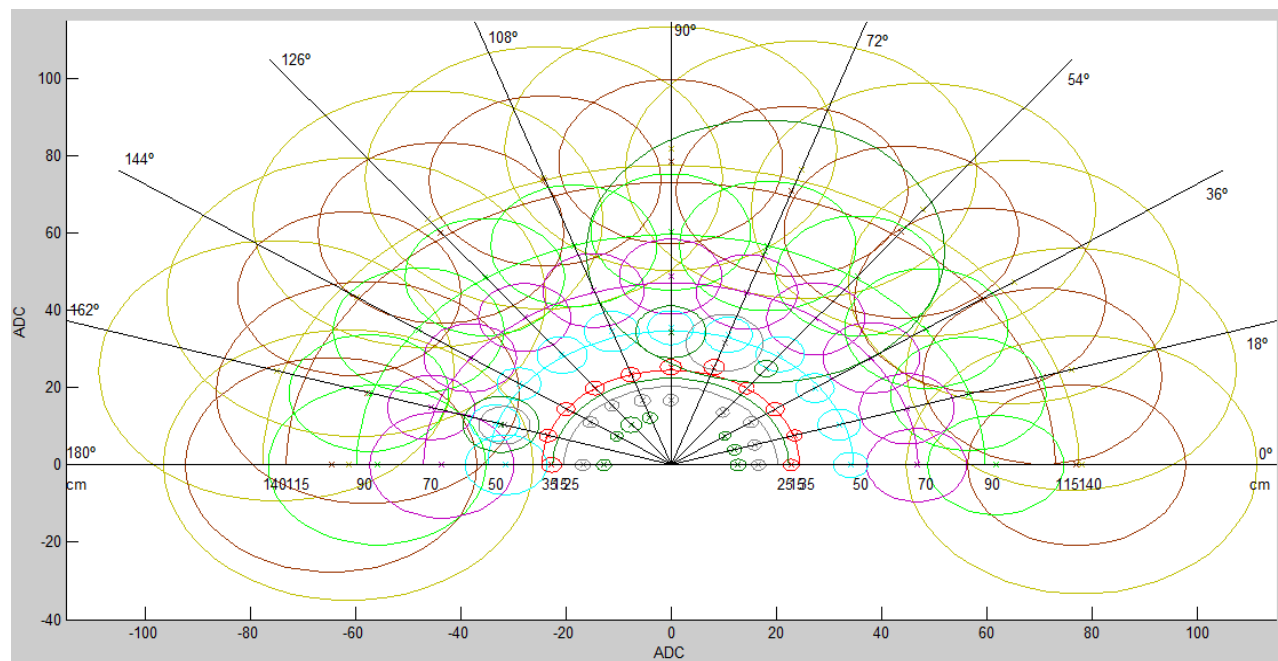


Figura 25. Sonar: Construcció gràfica dels valors ADC

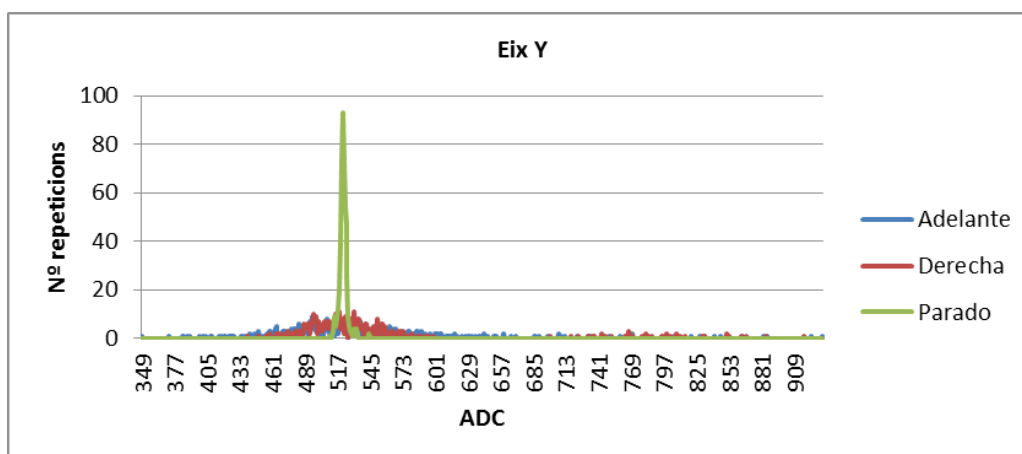
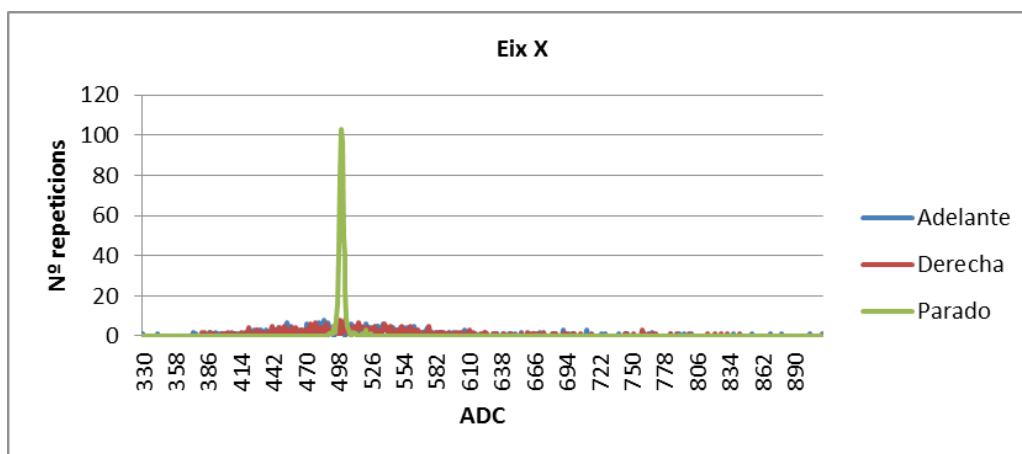
4.8 Acceleròmetre

L'acceleròmetre utilitzat és el MMA7341L 3-Axis, per obtenir més informació es pot accedir al seu *Datasheet*: <http://www.pololu.com/file/0J379/MMA7341L.pdf>.



Figura 26. Acceleròmetre

La caracterització de l'acceleròmetre, s'ha basat en accelerar el robot endavant i cap a un costat, per veure com varien els eixos X, Y i Z, ja que són els únics moviments que farà el robot. Mentre el robot esta quiet s'han realitzat 500 mesures per cada eix, també s'ha utilitzat aquest mètode quan el robot anava cap endavant o cap un costat.



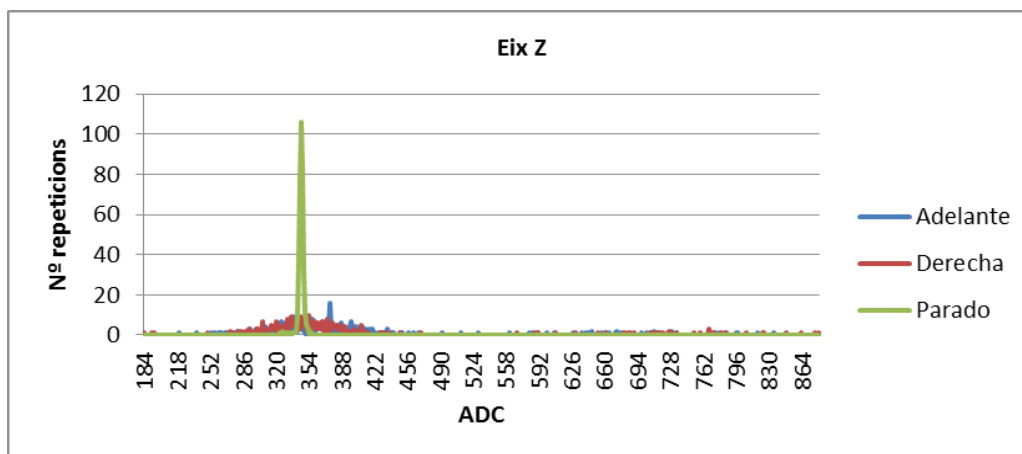


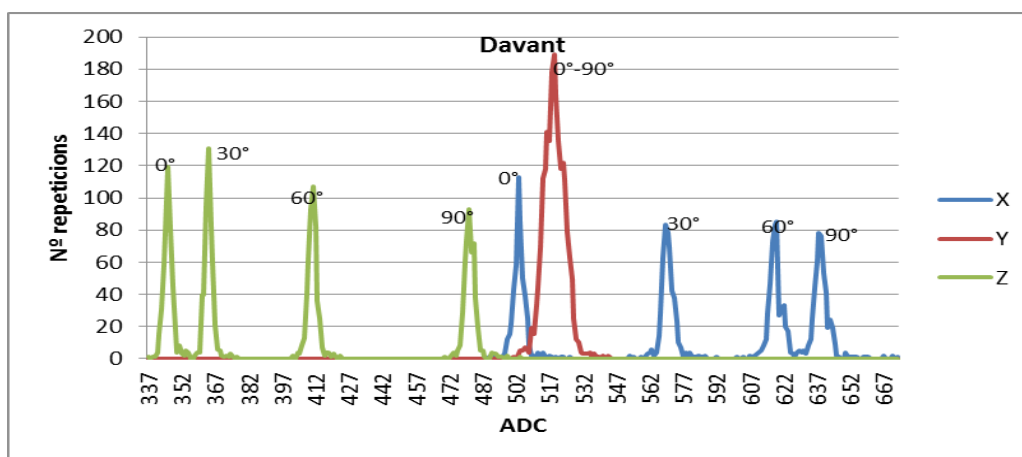
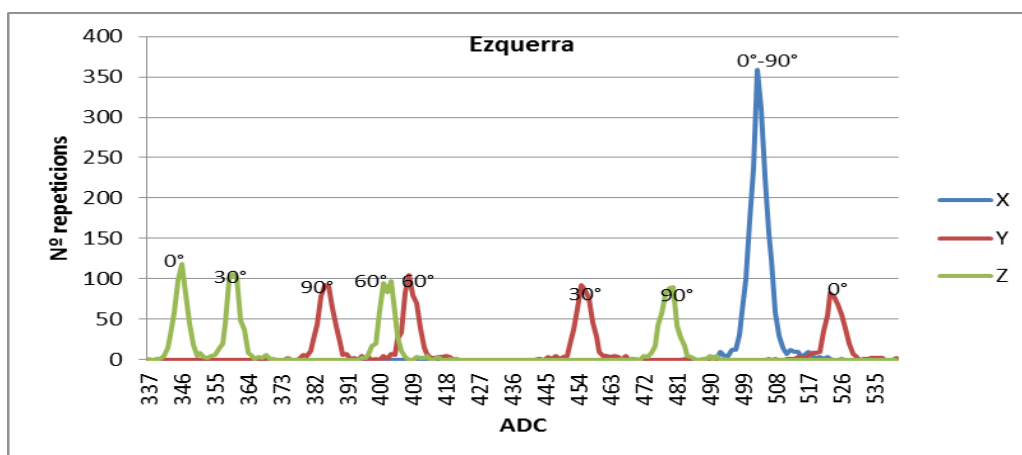
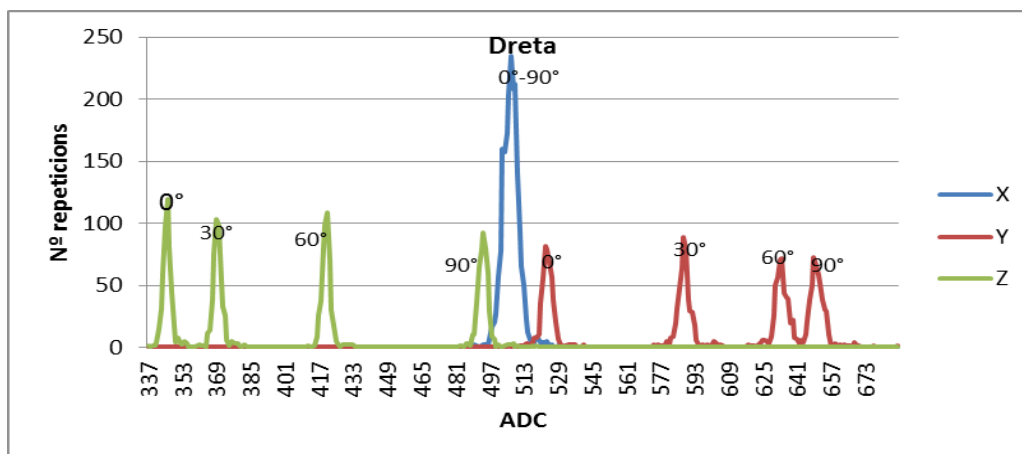
Figura 27. N° de repeticions del valor ADC per cada eix

Com és pot veure en els tres eixos, quan està parat es pot saber de manera bastant precisa quin serà el valor que tenen els diferents eixos, en canvi, quan el robot està movent-se cap endavant o cap a un costat l'acceleròmetre donà valors de tensió molt diferents, i no es pot saber quin és el valor correcte en cada moment. Per tant, aquest l'acceleròmetre no detecta acceleracions, sinó la inclinació que té. Doncs per caracteritzar bé el nostre acceleròmetre, es col·locarà el robot en diferents inclinacions. En la Taula 6, s'observa com varien els valors del diferents eixos segons on es produeix la inclinació. La inclinació s'ha realitzat des dels quatre costats amb els angles següents: 0°, 30°, 60°, 90°.

	Posició	Dreta			Esquerra			Davant			Darrera		
	Eix	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
0°	Mitjana	503,5	523,9	345,9	503,5	523,9	345,9	503,5	523,9	345,9	503,5	523,9	345,9
	3σ	10,5	10,5	7,3	10,5	10,5	7,3	10,5	10,5	7,3	10,5	10,5	7,3
30°	Mitjana	506,4	588,4	369,7	504,8	455,8	360,3	570,2	519,9	364,1	432,9	527,9	365,4
	3σ	11,6	12,5	7,5	10,5	9,0	7,0	11,5	9,4	6,7	8,0	10,5	6,5
60°	Mitjana	509,1	634,0	420,5	503,4	408,4	402,2	618,6	517,9	410,8	384,3	529,0	415,6
	3σ	9,9	13,2	7,4	10,2	8,6	8,4	12,6	11,5	7,7	9,0	11,7	8,4
90°	Mitjana	508,6	650,5	494,1	503,1	385,4	479,0	639,1	515,0	481,5	365,1	525,8	488,8
	3σ	10,4	14,7	10,0	11,0	7,8	8,9	15,1	13,9	9,9	7,7	13,4	10,1

Taula 6. Valors ADC segons posició, eix i angle

A continuació es veu la Figura 28, on es mostra el resultat d'inclinar el robot amb diferents angles i diferent punt d'inclinació, d'aquesta manera, s'observa de manera més fàcil i exacta el comportament que té l'acceleròmetre en els diferents eixos.



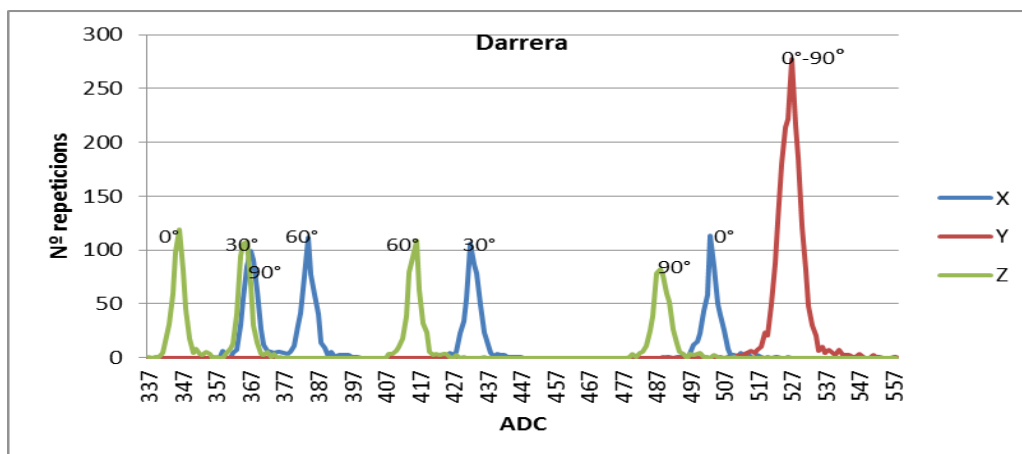


Figura 28. N° de repeticions del valor ADC per cada eix segons la inclinació

Amb la informació que donà la Taula 6 i les Figures 27 i 28, es pot saber el comportament de l'acceleròmetre, es veu que quan es realitza una inclinació cap a l'esquerra o a la dreta, el que varia és l'eix Y, però també, varia l'eix Z. Aquest eix varia amb qualsevol inclinació, és a dir, no té un eix fix. En les inclinacions de davant i de darrera, el que ha variat és l'eix X, però també l'eix Z com s'ha dit anteriorment. Però per aquest robot, la inclinació no es gaire important, ja que no patirà inclinacions, com a molt, si el terra no està recte tindrà una petita inclinació. Per aquest motiu, es realitza una nova prova, per veure si en l'eix Z, que és el que varia amb qualsevol inclinació, varia segons el pol magnètic. D'aquesta manera, es podrà saber cap a on mira el robot.

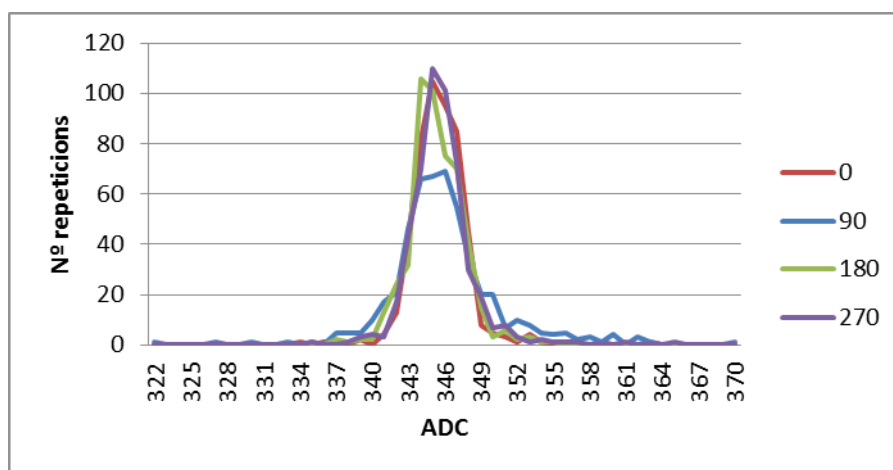


Figura 29. Valor ADC segons el pol magnètic

Com s'aprecia el valor ADC, és el mateix amb qualsevol orientació del robot, per tant, es pot dir, que l'eix no varia segons el pol magnètic, doncs no es sabrà cap a on està mirant el robot.

L'acceleròmetre es pot descartar, ja que no aporta cap informació addicional, i només detecta inclinacions. Amb els eixos X i Z s'obtindrà l'angle d'inclinació de davant i darrera del robot, i amb el eix Y s'obtindrà la inclinació del costat. El que ens interessa, és poder saber l'angle cap a on gira el robot, però això no es pot aconseguir amb aquest l'acceleròmetre, ja que es precisa d'un giroscopi.

5. Algorisme

Un algorisme és un conjunt finit d'instruccions que serveixen per executar una tasca o resoldre un problema [4]. En aquest apartat es fa servir un algorisme per representar l'error probabilístic que pot tenir el robot en el moment de mesurar una magnitud determinada. En concret, es vol mesurar l'error probabilístic que es pot tenir amb els sensors infraroig i els sonars. Amb l'algorisme aconseguirem tenir unes dades amb més precisió que les anteriors i acotació de l'error.

5.1 Algorisme bàsic de mesures

Aquest algorisme es basa en la mesura de soroll petit, d'errors deguts a objectes inesperats, en error deguts a errades a l'hora de detectar els objectes i en sorolls sense explicació. Es crearan 4 gràfiques com les de Figura 30 per poder mesurar els errors de les mesures [5].

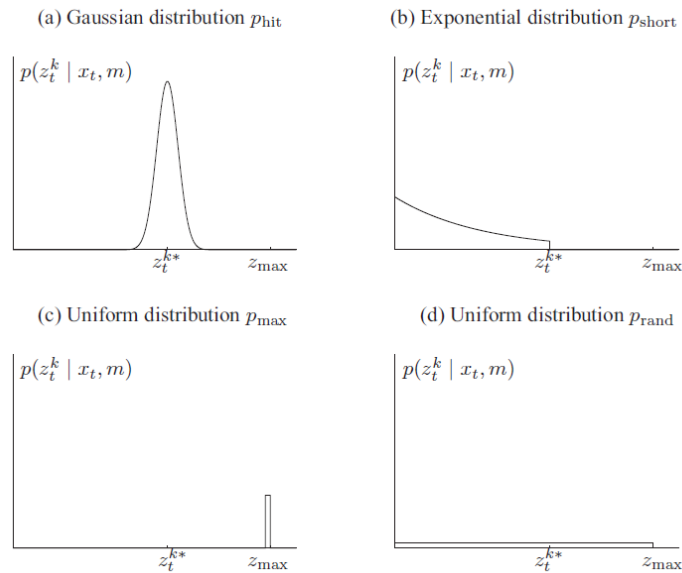


Figura 30. Model de gràfiques a seguir

La Figura 30 consta de quatre gràfiques, són les següents: a) correspon a una gaussiana de les mostres realitzades a una mateixa distància; b) correspon a l'exponencial; c) és el màxim valor que pot tenir el sensor i simula errors de captura de senyal que mostren els sensors; d) equival a l'error aleatori present en tota mesura i representant soroll blanc. L'algorisme que realitza les diferents gràfiques, les posa totes en una, amb l'objectiu d'obtenir una gràfica de probabilitat sobre la mesura realitzada (Figura 31).

```

1:   Algorithm beam_range_finder_model( $z_t, x_t, m$ ):
2:        $q = 1$ 
3:       for  $k = 1$  to  $K$  do
4:           compute  $z_t^{k*}$  for the measurement  $z_t^k$  using ray casting
5:            $p = z_{\text{hit}} \cdot p_{\text{hit}}(z_t^k \mid x_t, m) + z_{\text{short}} \cdot p_{\text{short}}(z_t^k \mid x_t, m)$ 
6:                $+ z_{\text{max}} \cdot p_{\text{max}}(z_t^k \mid x_t, m) + z_{\text{rand}} \cdot p_{\text{rand}}(z_t^k \mid x_t, m)$ 
7:            $q = q \cdot p$ 
8:       return  $q$ 

```

Figura 31. Algorisme per realitzar les gràfiques

Per poder fer la gràfica a) alhora de realitzar la distribució normal o campana de gauss es calcula la mitja i la desviació. Per realitzar la mitja es sumen totes les mostres i es divideix pel nombre de mostres, per realitzar la desviació s'utilitza la fórmula que calcula la desviació estàndard:

$$\sigma_{\text{hit}} = \sqrt{\frac{1}{|Z_{\text{hit}}|} \sum_{z_i \in Z_{\text{hit}}} (z_i - z_i^*)^2}$$

Figura 32. Fórmula per realitzar el gràfic A

Amb els dos valors anteriors i les diferents mostres es realitza la distribució normal, on Z_{hit} correspon al rang on es troba la gaussiana.

Per realitzar la gràfica b) es fa a partir d'una distribució exponencial on aquesta requereix de una lambda extreta a partir de la fórmula següent:

$$\lambda_{\text{short}} = \frac{|Z_{\text{short}}|}{\sum_{z_i \in Z_{\text{short}}} z_i}$$

Figura 33. Fórmula per realitzar el gràfic B

On Z_{short} correspon al rang que va des de 0 fins a la mitja.

La gràfica c) no s'ha realitzat ja que en cap de totes les mesures fetes hi ha hagut un error d'aquest tipus. El sensor sempre ha donat un valor aproximat.

La gràfica d) es fa aplicant en tot el rang de valors de les mesures la inversa del valor màxim de cada distància.

5.2 Aplicació de l'algorisme en les mesures

Una vegada es sap com aplicar l'algorisme es posa en pràctica amb les mostres que va donar el sensor infraroig i el sonar.

L'eix vertical diu la probabilitat i l'horitzontal diu el valor ADC, s'ha realitzat una gràfica diferent per a cada distància per poder apreciar millors les diferències.

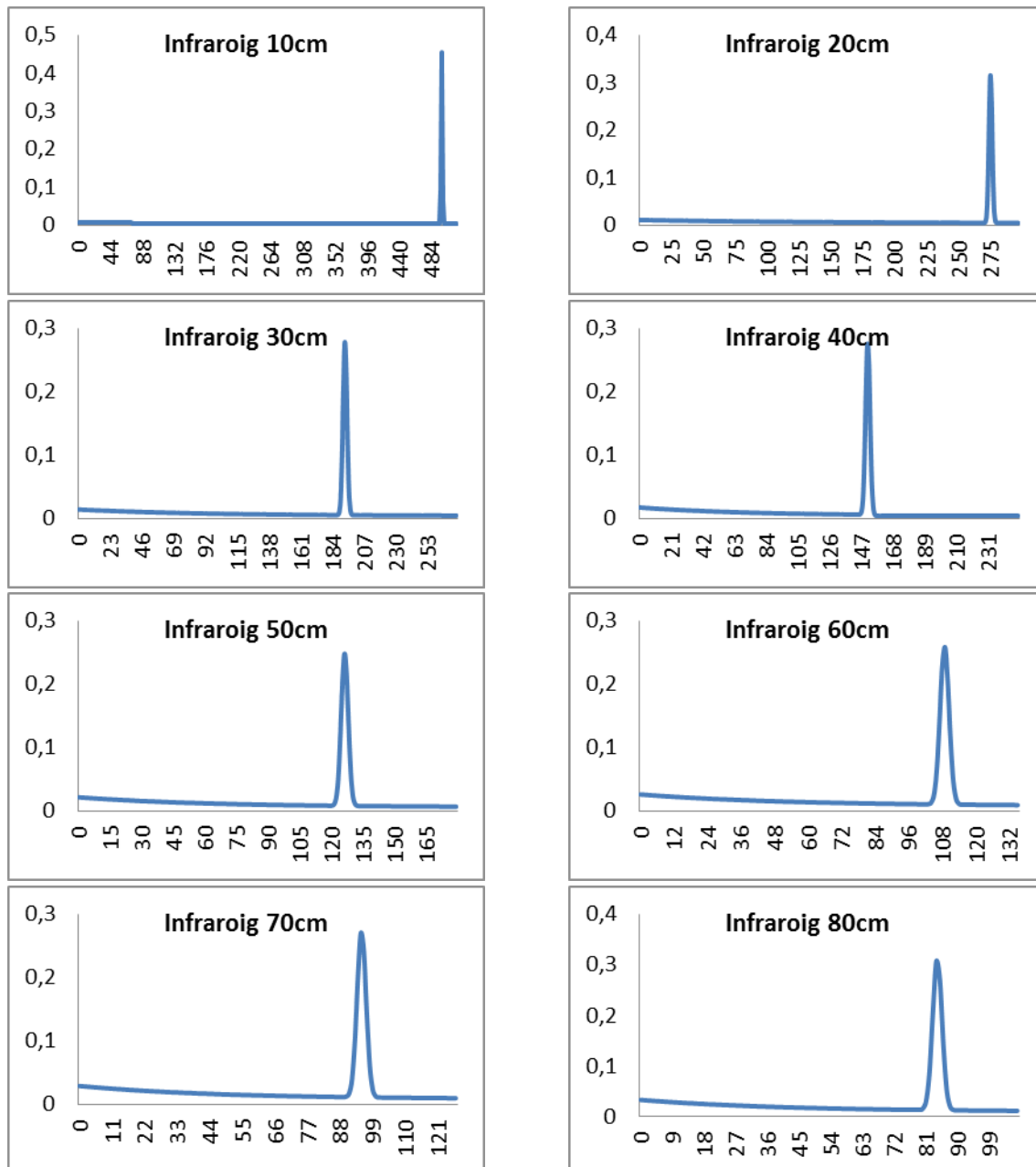
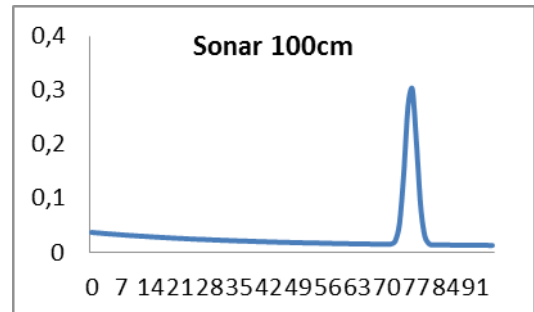
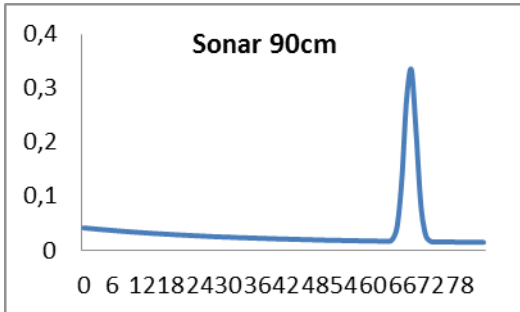
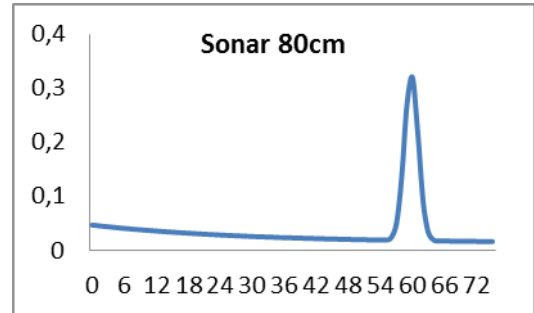
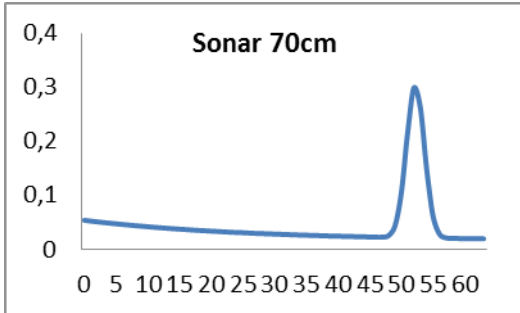
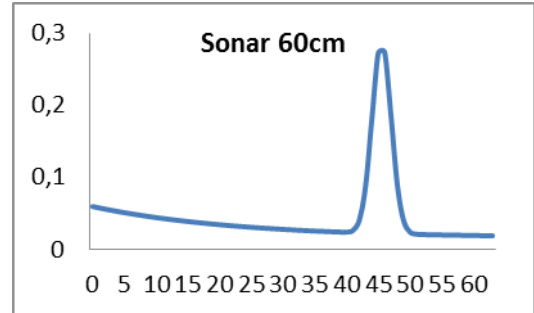
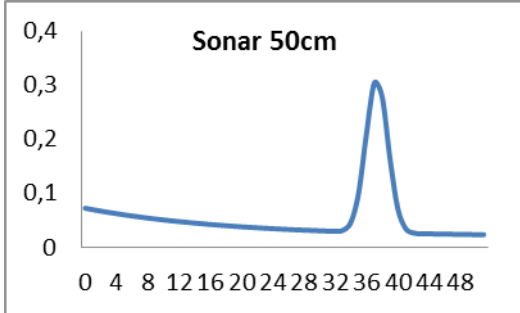
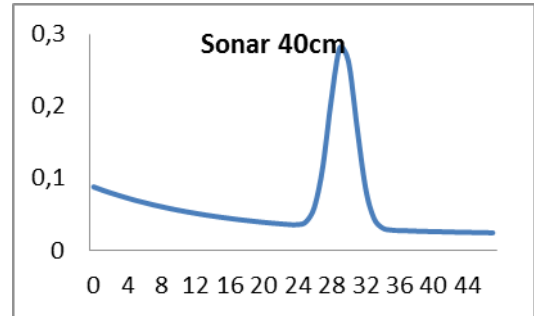
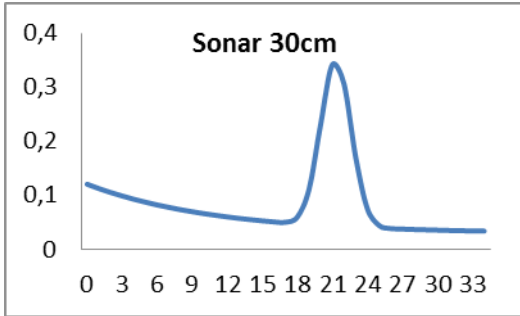
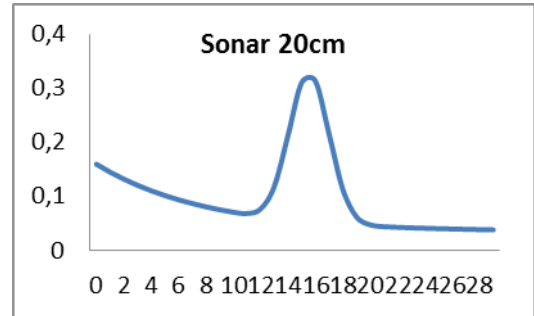
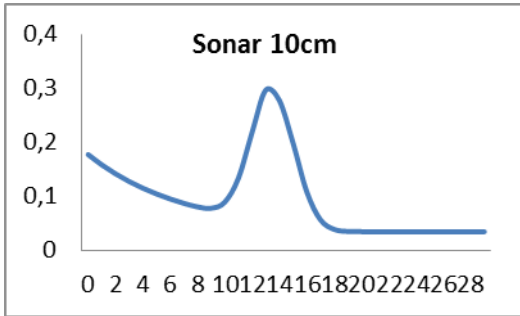


Figura 34. Gràfics de l'infraroig segons la distància

Com es veu en el sensor infraroig com els valors no estan molts propers al 0 la exponencial no es veu molt ja que té valors molt petits, també al tenir una desviació estàndard molt petita, la gaussiana queda molt prima.

Una vegada aplicat l'algorisme en les mesures del sensor infraroig és realitza el mateix amb les mesures del sonar.



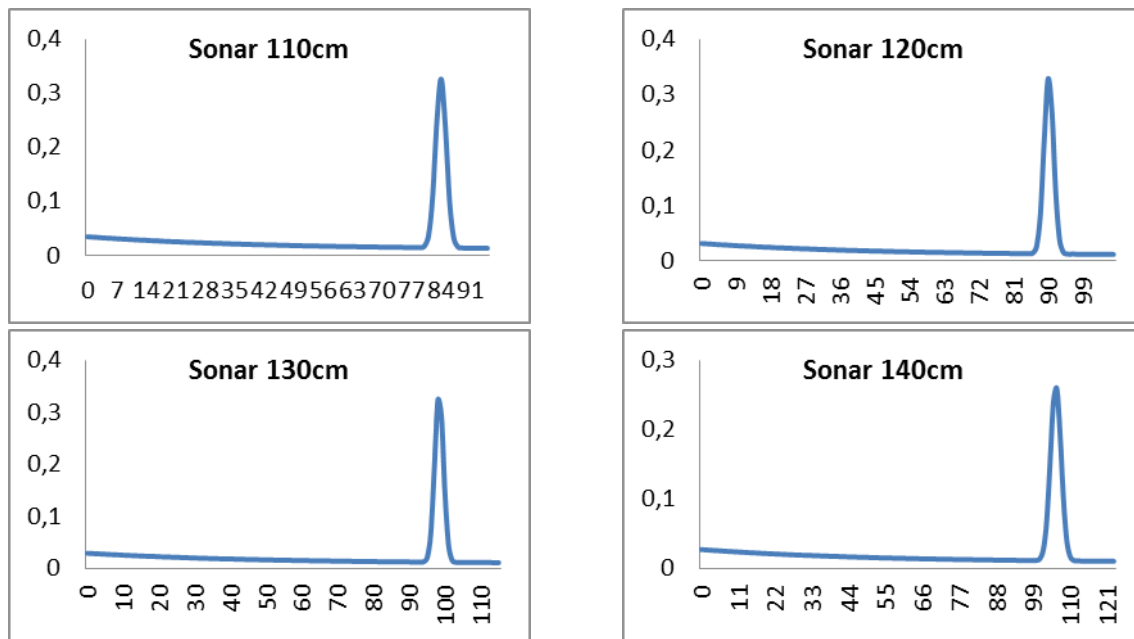


Figura 35. Gràfics del sonar segons la distància

En aplicar l'algorisme al sonar s'observa que en les primeres distàncies com els valors són aproximats al 0, l'exponencial té més importància fins i tot s'ajunta amb la gaussiana, a mesura que les distàncies són més grans l'exponencial perd importància. En el sonar passa al mateix que en el sensor infraroig, com la desviació estàndard és molt petita la gaussiana és molt prima.

6.2 Què fa el robot?

La funció principal per la qual està programat el robot es moure's de manera autònoma per un laberint com el de la Figura 36, el robot entra y surt ell sol, sense l'ajut de cap persona. El robot esta preparat per avançar, fer girs de 90° per poder canviar de direcció i també esta preparat per fer girs de 180°. Un cop el robot es quedà atrapat en un punt on no pot avançar a cap costat ni anar endavant, fa un gir de 180° i torna fins a un punt on podia escollir un camí, en aquest cas el robot agafarà l'altre perquè sap que al camí escollit abans no té sortida.

8	6	8	2	2	3
6	2	1	6	6	4
8	6	5	6	3	8
8	6	6	8	6	9
6	8	9	6	8	4
6	8	6	3	6	4

Figura 37. Resultat de fer el recorregut

Finalment el robot quan surt del laberint envia una matriu 6x6 de com esta organitzat el laberint amb uns números (el significat d'aquest números s'explica en el següent punt) la matriu tindrà els mateixos números que té la Figura 37, però sense les línies que representen les parets.

6.3 Com ho fa?

Com ja s'ha comentat en altres punts, no se sap en quina posició es troba el robot en cada moment, per això s'ha dividit el laberint en una matriu 6x6 així es sabrà en quin quadrat es troba tota l'estona ja que cada quadre té una mida de 38 centímetres d'aquesta manera quan el robot recorre 38 centímetres en qualsevol direcció sabem que a canviat de quadre.

El robot es col·locarà en la posició [5][1] de la matriu per començar i segons les parets que detecti posarà un número en la matriu generada a partir del codi de programació, així es sabrà on és troba la paret, en la Taula 7 es pot veure el número que es posa segons les parets que troba el robot, després el robot es moure en la direcció que no n'hi hagi paret. Sempre prioritant anar endavant, després cap a la dreta i finalment l'esquerra.

Número	Parets
0	No n'hi ha
1	Dreta
2	No visitat
3	Davant
4	Davant i Dreta
5	Esquerra
6	Dreta e Esquerra
7	No existeix
8	Davant e Esquerra
9	Davant, Dreta e Esquerra

Taula 7. Número segons les parets

Per saber en quina posició de la matriu és troba el robot una vegada ha girat o avançat cap a un costat o altre s'ha fet una taula com la Taula 8, aquí es veu que segons el número que té la posició del robot significa quina posició en la realitat té el robot, aquesta posició en començar el laberint és la posició 1, aquest número segons l'acció que fa el robot varia, si manté la posició, si gira, etc. Quan es canvià aquest numero també ho fa la posició de la matriu, aquesta és una manera molt senzilla de tenir controlada la posició del robot i la posició de la matriu on es troba el robot.

A continuació s'exposarà un exemple per entendre millor el sistema que s'utilitza per controlar la posició del robot i el lloc de la matriu. S'utilitzà la Figura 37 per ajudar a comprendre l'exemple.

El robot comença en la posició [5][1] amb el número de posició 1, aquí el robot detecta parets als costats per tant en aquesta posició de la matriu es col·loca el número 6, el robot manté el numero 1 de posició per tant el valor [i] de la matriu disminueix, per tant estem en la posició [4][1] i el robot ara posa també un 6 perquè només detecta paret als costats, el robot avança i es troba en la posició [3][1] de la matriu ara el robot detecta parets davant i a l'esquerra, és posa el numero 8 en la matriu i el robot gira 90° cap a la dreta i també varia el número de posició del robot al 2, perquè ara no té la mateixa posició que abans i en avançar el robot es trobarà en la posició [3][2].

Número	Posició del robot	Moviment matriu
1	↑	i--
2	→	j++
3	←	j--
4	↓	i++

Taula 8. Número segons la posició del robot

El robot s'atura també de forma autònoma en sortir del laberint, això ho fa també gràcies a la matriu, per fer-ho com sabem que la matriu es 6x6 en el moment que la

posició del robot sigui més gran o més petita vol dir que esta fora de la matriu per tant que s'ha d'aturar.

Per retrocedir el robot al punt on havia escollit un camí, després de veure que el camí per on ha anat no té sortida, s'ha programat que per on passa el robot col·loca número segons paret i un 2 on encara no a passat amb l'ajut d'aquest sistema, és fa retrocedir al robot sense mirar un altre cop les parets, perquè ara ja sap on són. L'única cosa que varia és que s'han d'invertir els girs: si abans girava a la dreta, ara, com esta tornant, girarà cap a l'esquerra.

6.4 Resultats

Una vegada realitzada la programació necessària per fer funcionar el robot, es procedeix a fer anar el robot en la realitat, es munta el laberint de la Figura 36 i es fa que el robot recorri de manera autònoma el laberint trobant ell sol la sortida.

S'ha realitzat un vídeo (<https://www.dropbox.com/s/6055krim5oz5ksw/PFC.wmv>) on es mostra l'execució del robot en el laberint, com es pot veure els motors a vegades tenen alguna deriva. Per aquest motiu s'ha ajustat, en algun cas, la trajectòria que agafava el robot.

Un cop el robot ha reconegut el laberint es processen les dades recollides d'acord amb el que ha anat detectant el robot. La Figura 38 mostra aquests resultats plasmats en el mapa del laberint.

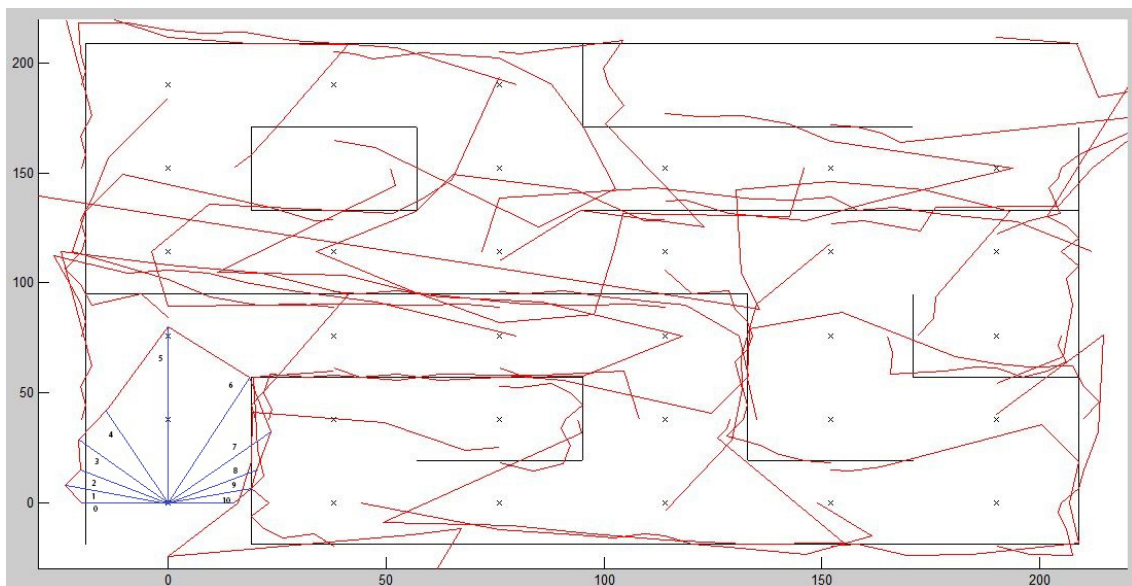


Figura 38. Resultats obtinguts del robot

Es poden apreciar els punts "x" de color negre. Aquest signe indica des d'on s'han realitzat les mesures, la línia vermella de davant de cada "x" ens marca el que ha detectat el robot quan ha fet les mesures i les línies negres representen el dibuix del laberint. En el dibuix costa de veure, però si ens fixem una mica es pot observar com la

línia negra sempre té a sobre una línia vermella, assenyalant les parets que el robot ha anat detectant.

A continuació s'explica de manera detallada i a partir de la Figura 38 el resultat obtingut un cop finalitzada la prova del laberint.

Com s'ha comentat abans la marca "x" ens diu des de on s'ha realitzat la mesura, l'exemple està basat en la "x" de la posició (0,0) del gràfic. Des d'aquest punt el robot ha detectat la distància que està marcada amb una línia color blau, el robot ha anat fent les mesures començant pel número 0 fins al 10. L'angle 0° correspon al número 0 i es veu que ha detectat la paret perfectament, cada augment de número correspon a un augment de 18° , les mesures de distàncies 1,2,3 i 4 són bastant aproximades al punt on es troba la paret. La línia 5 es veu que està bastant lluny de la paret, això és degut a que el sensor infraroig només té un rang fins als 80 centímetres i la paret es troba a 95 centímetres, per aquest motiu la línia només arriba fins als 80 centímetres.

Les línies de la 6,7,8,9 i 10 es troben bastant a prop del que representa la paret, es pot dir que el robot en aquest punt a realitzat molt bones mesures de distàncies.

7. Conclusions

El projecte ha tingut com a objectius principals: la caracterització dels sensors de rang infraroig i sonar; i la comprovació del correcte funcionament del robot a través de la navegació del robot en un laberint.

La caracterització dels components ha permès conèixer les diferències de funcionalitat dels diferents sensors i determinar els més adequats per a ser utilitzats en la navegació del robot dintre un laberint.

D'acord amb les dades obtingudes del sensor infraroig GP2Y0A21YK, es poden realitzar les següents afirmacions:

1. El sensor infraroig és un component que proporciona la distància que hi ha a un objecte. S'han extret les següents conclusions:

- Fiable: És un component fiable, en totes les proves realitzades sempre ha donat un valor correcte, és a dir mai ha donat un 0 o el màxim valor. Sempre ha funcionat correctament.
- Repetitiu: Tots els valor que donava en una mateixa distància s'anaven repetint un i un altre cop, això és molt bo ja que permet saber amb més exactitud quin és el valor correcte per aquella distància.
- Sensible: Per a cada moviment que es fa al sensor infraroig aquest canvia el seu valor, quan l'objecte és gairebé al final del rang del sensor infraroig, aquest perd sensibilitat.
- No importa el color del que detecta: S'ha realitzat una prova per veure si el color contra el que rebotava el senyal que emet el infraroig importava o no, i la conclusió és que no importa, és van posar tres color verd, negra i blanc i gairebé en els tres donava el mateix valor.

2. El sonar MaxSonar-EZ1 és comporta de manera semblant al sensor infraroig però en té unes diferents característiques, són les següents:

- Molt sensible: El sonar és un component molt sensible, per qualsevol per mínim canvi de posició donà un valor diferent.
- Molt repetitiu: Si el sonar és manté en la mateixa posició gairebé sempre donà el mateix valor.

Com es pot veure el sonar no té una bona fiabilitat, al menys amb els 3 sonars utilitats cap funcionava correctament a partir del 1,5m quan el seu rang és fins a 6m, per aquest motiu es va descartar utilitzar el sonar en la prova del laberint.

L'acceleròmetre es va caracteritzar per descobrir el seu funcionament, ja que hi ha diferents tipus d'acceleròmetre. Una vegada es va fer la primera prova es va observar que l'acceleròmetre detectava la inclinació que tenia i això no servia pel nostre projecte. La segona prova que es va fer era per saber si l'acceleròmetre deia cap a on estava girat

però aquesta prova va ser negativa i per tant és va optar per no utilitzar l'acceleròmetre en la prova del laberint, ja que no donava cap valor que interessés.

La prova per posar a prova el robot equipat amb el sensor infraroig, va ser guiar-se per un laberint, d'aquesta manera es sabia si el robot és autònom i si s'havia caracteritzat correctament el sensor infraroig.

Per demostrar que s'havia realitzat la prova i el robot havia sortit victoriós del laberint, és va realitzar un vídeo, on és demostra que el robot és autònom i sap sortir ell sol del laberint. Un cop realitzada la prova, el robot envia les dades de tot el que a detectat. Aquest resultats són molt bons i es veu que el robot ha anat detectant amb bastanta precisió totes les parets per on a passat el robot.

7.1 Millores en el projecte realitzat

En aquest projecte només canviaria una cosa, utilitzar un altre acceleròmetre. Com ja s'ha comentat hi han de diversos tipus i un acceleròmetre que hagués proporcionat l'angle en el que es troba el robot respecte al nord magnètic, hagués estat molt més útil i hauria ajudat molt a l'hora de realitzar les proves amb el laberint.

Aquest projecte també podria millor molt introduint una IMU (*Inertial Measurement Unit*), un GPS(*Global Positioning System*) i dos *encoders* de velocitat, pels següents motius:

- IMU: Una IMU pot proporcionar velocitat, orientació i forces gravitacionals. Sabent l'orientació es podria determinar cap a on estat girat el robot i saber quan avança gràcies a que se sap a quina velocitat va el robot.
- GPS: El GPS permet saber a on es troba el robot, un GPS integrat en el robot hauria proporcionat la posició del robot tota l'estona i no hagués fet falta treballar amb matrius per saber on es troba el robot. Un altre avantatge és que es podria fer anar el robot per qualsevol lloc ja que sempre es sap on es troba.
- *Encoder*: Com s'ha observat en el vídeo a vegades un motor girava més que l'altre i quan és fan girs a vegades ho fa correctament i unes altres no perquè el motor gira més o menys del compte, això amb dos *encoders* no caldria ja que amb ells és pot controlar les voltes que fa cada roda. Saben les voltes que fa la roda, es podria girar correctament sempre i fer que el robot quan avança no és vagi cap a un costat ja que es pot anar controlant les voltes que porta cada roda.

Referencies

[1] Robòtica autònoma

http://es.wikipedia.org/wiki/Rob%C3%B3tica_aut%C3%B3noma

Data de consulta: 13/05/12

[2] UABot

<http://www.cannic.uab.cat/Docencia/CanNicFrameDocencia.htm>

Data de consulta: 20/03/12

[3] Funcionament L293D

http://robots-argentina.com.ar/MotorCC_L293D.htm

Data de consulta: 02/03/12

[4] Algorisme

<http://enciclopedia.us.es/index.php/Algoritmo>

Data de consulta: 13/05/12

[5] Algorisme aplicar

Probabilistic Robotic, Sebastian Thrun, Dieter Fox and Wolfram Burgard

Data de consulta: 13/04/12

[6] Laberint

<http://vereda.saber.ula.ve/mirabilia/laberin.htm>

Data de consulta: 13/05/12

Llibre sobre la robòtica

Mobile Robots, Joseph L. Jones, Bruce A. Seiger and Anita M. Flynn